سلسلة المشاريع الإلكترونية (٤)

مشاريع عملية على استخدام
مكبّرات العمليّات OP. Amp

م. أحمد عبد المتعال



مشاريع عملية على استخدام

مكبـــرات العمليـــات OP. Amp.

بسم الله الرحمن الرحيم

سلسلة المشاريع الالكترونية (٤)

مشاريع عملية على استخدام

مكبرات العمليات .OP. Amp

إعـــداد

المهندس / أحمد عبد المتعال

الكتـــــاب : مشاريع عملية على استخدام مكبرات العمليات OP.Amp.
(سلسلة المشاريع الإلكترونية - ٤)

المـــؤلـــف : م. أحمد عبد المتعال

رقم الطبعـــة : الأولى

تاريخ الإصـــدار : ١٤٢٥هـ - ٢٠٠٤م

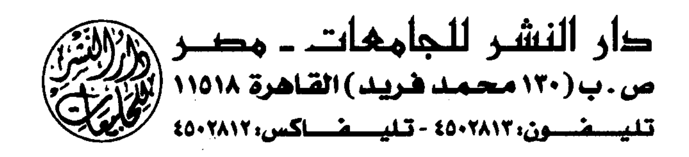
حـقـــوق الطبع : محفوظة للناشر

الـنـاشـــــر : دار النشر للجامعات

رقـم الإيـداع : ٩٧/١٣٧٤٣

الترقيم الدولى : I.S.B.N: 977-5526-86-8

الـكــــود : ٢/٨٥


دار النشر للجامعات - مصر
ص. ب (١٣٠ محمد فريد) القاهرة ١١٥١٨
تليفون: ٤٥٠٢٨١٣ - تليفاكس: ٤٥٠٢٨١٢

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿ رَبِّ أَوْزِعْنِي أَنْ أَشْكُرَ نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَىٰ وَالِدَيَّ وَأَنْ أَعْمَلَ صَالِحًا تَرْضَاهُ وَأَصْلِحْ لِي فِي ذُرِّيَّتِي إِنِّي تُبْتُ إِلَيْكَ وَإِنِّي مِنَ الْمُسْلِمِينَ (١٥) ﴾ [الأحقاف : ١٥].

صدق الله العظيم

شكر وتقدير

أتقدم بخالص الشكر **للمهندس محمود جمال عبد الستار** – المهندس بمركز تنمية التصميمات الصناعية بالقاهرة – على تعاونه الصادق البناء فى إعداد هذا الكتاب.

كما أتقدم بخالص الشكر لكل من قدم لنا يد العون فى إعداد هذا الكتاب وجزاهم الله خير الجزاء.

المؤلف



محتويات الكتاب

الموضوع | الصفحة

الباب الأول

مكبرات العمليات

الباب الثانى

العناصر الكهربية والالكترونية

الباب الثالث

المشاريع العملية باستخدام مكبرات العمليات

الملاحـــق

الباب الأول

مكبرات العمليات OP. Amp.

مكبرات العمليات .OP. Amp

١/١ - مقدمة

فى عام ١٩٤٠ ميلادية عند ابتكار الكومبيوتر التناظرى كانت الحاجة ماسة لمكبر له كسب عالى وأداء ممتاز لإجراء العمليات الحسابية مثل: الجمع والطرح والتفاضل والتكامل الأمر الذى ساعد على ابتكار مكبر العمليات، وكانت مكبرات العمليات فى بادئ الأمر تبنى من الصمامات التى كانت تشغل حيزاً كبيراً آنذاك؛ ولكن مع اكتشاف الترانزستور أصبحت مكبرات العمليات أبسط وأصغر وأصبحت تتواجد فى صورة موديلات Modules وهذه الموديلات عبارة عن صندوق صغير يحتوى على جميع مكونات مكبر العمليات، ولكن مع تطور تكنولوجيا أشباه الموصلات أمكن تصنيع مكبرات العمليات فى دائرة متكاملة واحدة.

وفى هذه الأيام أصبحت مكبرات العمليات متوفرة فى الأسواق بكثرة وبأسعار زهيدة تقترب من أسعار الترانزستورات.

١ / ٢ - مكبرات العمليات المثالية والحديثة

فيما يلى أهم المواصفات الفنية لمكبر العمليات المثالى:

١ - تكبير لا نهائى: فاقل تغير فى الدخل يجب أن يقابله تغير لا نهائى فى الخرج.

٢ - خرج صفرى يقابل الدخل الصفرى.

٣ - معاوقة لا نهائية للدخل: فيجب أن تكون القدرة المسحوبة فى الدخل منعدمة.

٤ - معاوقة صفرية للخرج: فيجب ألا يتغير جهد الخرج عندما تنخفض مقاومة الحمل للصفر.

٥ - عرض حزمة ترددات لا نهائية Infinit band Width.

٦ - لا يتأثر بتغير جهد مصدر القدرة أو تغير درجة الحرارة.

وبالرغم من أن مكبر العمليات المثالى لم يصنع إلى الآن إلا أن تكنولوجيا أشباه الموصلات استطاعت أن تصل بخواص مكبرات العمليات إلى مواصفات تقترب من تلك الخاصة بمكبر العمليات المثالى.

وفيما يلى خواص مكبرات العمليات الحديثة المتوفرة فى الأسواق:

١ – كسب عال جداً للجهد المستمر يصل إلى ($10^3:10^6$).

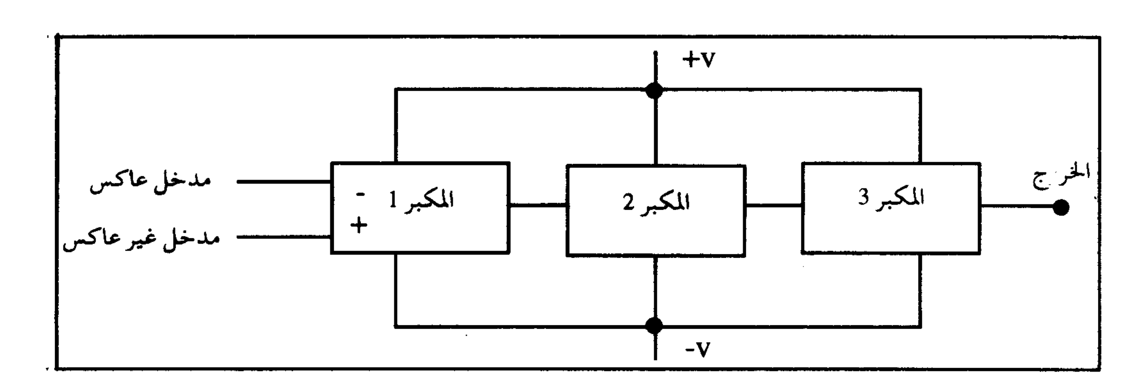
٢ – عرض حزمة ترددات يبدأ عند التيار المستمر dc وينتهى عند كسب الوحدة unity gain.

٣ – جهد خرج موجب أو سالب يتراوح ما بين $\pm$ 10 V: $\pm$ 100 V.

٤ – معاوقة دخل كبيرة بحيث يكون تيار الدخل مهملاً.

٥ – حيود قليل جداً للخرج عند تغير درجة الحرارة.

والشكل (١ – ١) يبين المخطط الصندوقى لمكبر العمليات.



الشكل (١ – ١)

ويلاحظ أن مكبر العمليات يتكون من:

١ – مكبر رقم 1 وهو مكبر تفاضلى له معاوقة دخل كبيرة، وله مدخلان أحدهما يأخذ إشارة سالبة، ويسمى مدخل عاكس Inverting input والآخر يأخذ إشارة موجبة ويسمى مدخل غير عاكس Non inverting input.

٢ - مكبر رقم 2 وهو مكبر جهد له معامل كسب كبير.

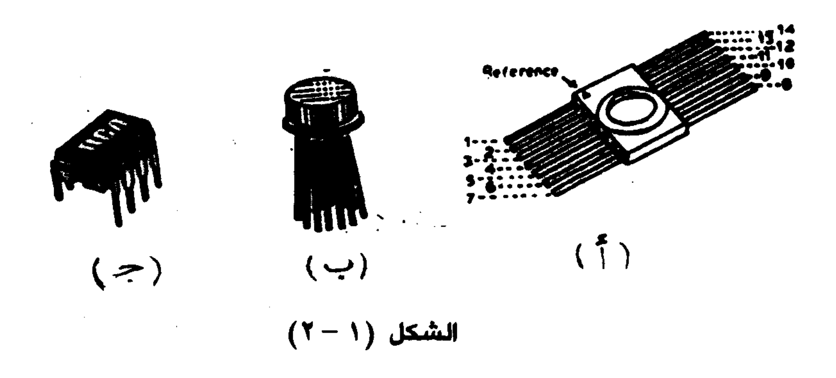
٣ - مكبر رقم 3 وهو مكبر بمعاوقة خرج صغيرة.

وتتواجد الدوائر المتكاملة لمكبرات العمليات فى ثلاث صور مبينة بالشكل (١ - ٢) وهم كما يلى:

- دوائر متكاملة مبططة Flat Package (الشكل أ).

- دوائر متكاملة على شكل اسطوانة معدنية Metal Cane Package (الشكل ب).

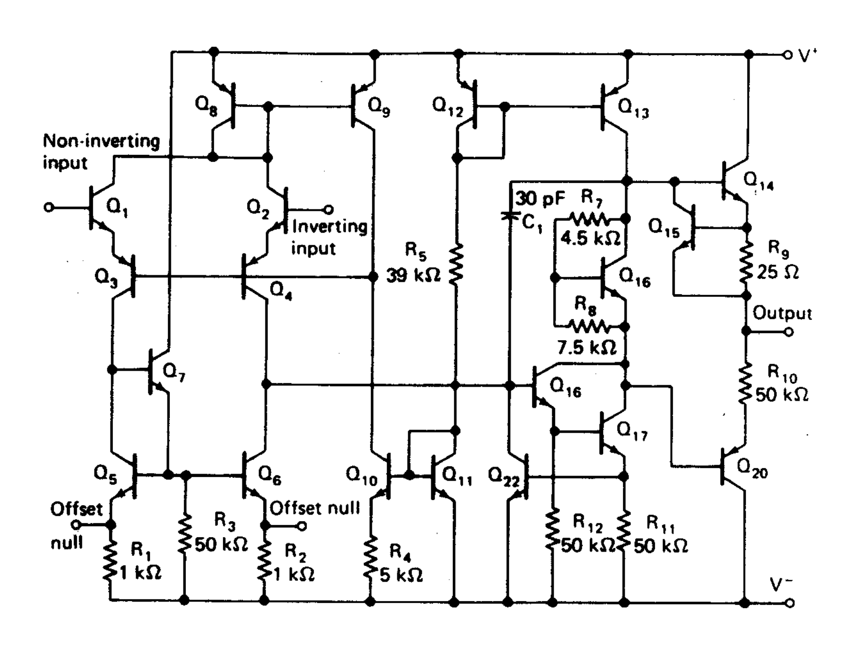
- دوائر متكاملة على شكل شريحة بصفين من الأرجل Dual in Line (DIL) (الشكل جـ).



(جـ) (ب) (أ)

الشكل (١ - ٢)

أما الشكل (١ - ٣) فيعرض التركيب البنائى لمكبر عمليات طراز 741، ويلاحظ أن عدد الترانزستورات المستخدمة فى بناء المكبر تساوى 20 ترانزستور بالإضافة إلى إثنى عشر مقاومة ومكثف، وهذه الدائرة يصعب تنفيذها باستخدام عناصر مستقلة؛ ولكن لحسن الحظ أمكن تجميع هذه العناصر فى شريحة متكاملة واحدة.



الشكل (١ – ٣)

والشكل (١ – ٤) يعرض نموذجًا لدائرة مكبر عمليات 741 من نوع DIL، وكذلك المسقط الأفقى للدائرة المتكاملة لمكبر العمليات 741، والذى يبين جميع المداخل والمخارج. ويلاحظ وجود تجويف نصف دائرى على أحد جانبى الدائرة المتكاملة وحتى يمكن معرفة أرقام أرجل الدائرة المتكاملة تمسك الدائرة المتكاملة باليد بحيث يكون التجويف فى اليسار فتكون الرجل اليسرى هى الرجل رقم 1، ويكون العد فى عكس اتجاه عقارب الساعة.

التعريف بوظائف أرجل مكبر العمليات 741 :

الرجل (1) تستخدم لضبط الخرج عند الصفر.

الرجل (2) تمثل المدخل العاكس.

الرجل (3) تمثل المدخل غير العاكس.

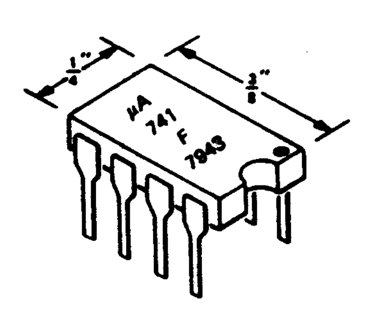
الرجل (4) توصل بالجهد السالب للمصدر ويساوى 15 V - .

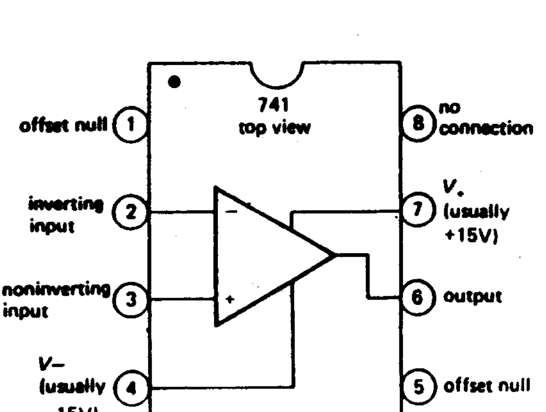
الرجل (5) تستخدم لضبط الخرج عند الصفر.

الرجل (6) تمثل الخرج.

الرجل (7) توصل بالجهد الموجب للمصدر ويساوى +15V.

الرجل (8) غير مستخدمة.





الشكل (١ - ٤)

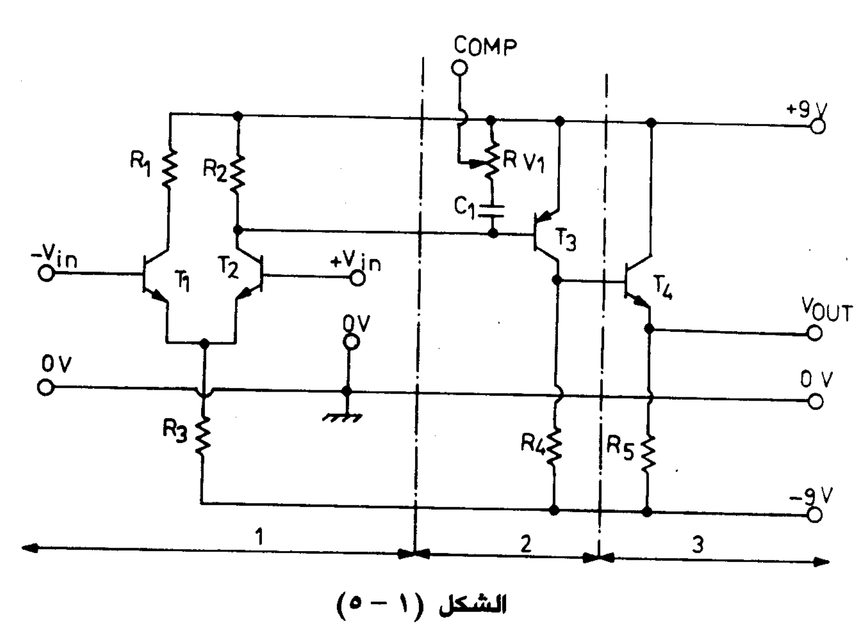
١ / ٣ - بناء مكبر عمليات بسيط

الشكل (١ – ٥) يعرض دائرة مكبر عمليات بسيط باستخدام عناصر مستقلة.

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 6.8 K Ω	R_1, R_2, R_4
مقاومة كربونية 47 K Ω	R_3
مقاومة كربونية 4.7 K Ω	R_5
مقاومة متغيرة 100 Ω	RV_1
مكثف بوليسير 0.01 μ F	C_1

ترانزستور NPN طراز BC 148	T1, T2, T4
ترانزستور NPN طراز BC 158	T3
مصدر قدرة (+ 9V, 0, - 9V)	



الشكل (١ – ٥)

نظرية عمل الدائرة:

تشكل الترانزستورات T1, T2 مرحلة الدخل الفرقى وتوصل المقاومة الكبيرة R3 بالتوالى مع T1, T2 ، وتعمل كمصدر تيار ثابت. أما الترانزستور T3 فيعمل كمرحلة تكبير بينية فى حين أن الترانزستور T4 يشكل مرحلة خرج ذات معاوقة صغيرة. وعند وصول إشارة للمدخل غير العاكس (+) يتم تكبيرها بواسطة T2 مع عكس الإشارة ثم تكبيرها مرة أخرى بواسطة T3 مع عكس الإشارة والنتيجة أن يكون خرج T3 متفق فى الإشارة مع إشارة الدخل أما T4 فيعمل كمكبر غير عاكس.

وعند وصول إشارة إلى المدخل العاكس (–) والذى يمثل قاعدة T1 فإنه بنفس الطريقة السابقة يحدث تكبير لإشارة الدخل بنفس معامل التكبير ولكن بإشارة مخالفة.

وتعمل المقاومة RV_1 والمكثف C_1 على تحسين استجابة المكبر ويسمى طرف المقاومة المتغيرة RV_1 بطرف التعويض.

١ / ٤ - خواص مكبرات العمليات :

١ / ٤ / ١ - التشغيل بالحلقة المفتوحة والحلقة المغلقة :

إن تشغيل مكبرات العمليات بدون تغذية مرتدة يسمى بالتشغيل بالحلقة المفتوحة، حيث يتم تكبير إشارة دخل صغيرة جداً لتصبح إشارة خرج كبيرة جداً، نتيجة للكسب الكبير لمكبر العمليات. ويستخدم التشغيل بالحلقة المفتوحة عند المقارنة. والشكل (١ - ٦) يعرض طريقة استخدام مكبر العمليات فى المقارنة.

+V
Vi
Vref
-V
VO
+V
Vin
-V
VO

ب أ

الشكل (١ - ٦)

والشكل (أ) يبين طريقة استخدام مكبر العمليات فى مقارنة إشارة جهد الدخل Vi بجهد الأرضى. والشكل (ب) يبين طريقة استخدام مكبر العمليات فى مقارنة جهد إشارة الدخل Vi بجهد أساس Vref. وسوف نتناول دوائر المقارنة بالتفصيل فى الفقرة (١/٦/٦).

وعادة فإن مكبر العمليات يعمل بحلقات مغلقة سواء كان الدخل من المدخل العاكس، أو المدخل غير العاكس، حيث تكون التغذية من المخرج إلى المدخل العاكس، كما هو مبين بالشكل (١ - ٧).

(ب) (أ)

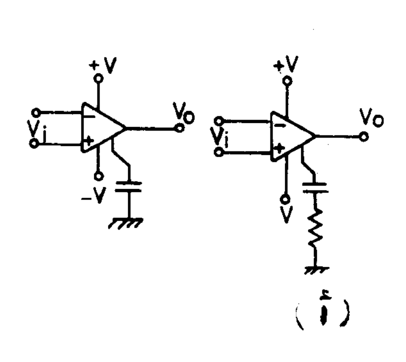
الشكل (١ – ٧)

فإن دخلت إشارة على المدخل العاكس سمى المكبر بالمكبر العاكس (الشكل أ)، وإذا دخلت إشارة الدخل على المدخل غير العاكس سمى المكبر بالمكبر غير العاكس (الشكل ب).

والجدير بالذكر أن كسب الدائرة يعتمد فى هذه الحالة على قيم عناصر التغذية المرتدة كما سيتضح فيما بعد.

١ / ٤ / ٢ – تعويض التردد Frequency Compensation

من المعروف أنه عند تغذية المكبر العاكس بجهد مستمر موجب فإن الخرج سيصبح سالبًا أى أن الإزاحة الوجهية بين الخرج والدخل تكافىء 180° درجة كهربية، ولكن فى حالة إشارات الدخل المتردد فكلما ازداد التردد ازدادت الازاحة الوجهية لتصل إلى 360°؛ الأمر الذى يؤدى إلى حدوث تذبذب فى خرج المكبر، لأن الإشارة المرتدة أصبحت متفقة فى الوجه مع إشارة الدخل (لأن إزاحة 360° تعنى اتفاق فى الوجه) ولعلاج هذه المشكلة فإن بعض مكبرات العمليات غير المزودة بتعويض داخلى للتردد تزود برجل إضافية لتعديل الوجه، وذلك لإحداث تأخير فى الوجه Lag أو



الشكل (١ – ٨)

إحداث تقديم فى الوجه Lead كما هو مبين بالشكل (١ – ٨) فالشكل (أ) يبين طريقة إحداث تقديم فى الوجه، والشكل ب يبين طريقة إحداث تأخير فى الوجه، والشكل (ب) يبين طريقة إحداث تأخير فى الوجه، وعادة نحتاج لتعويض التردد عند تشغيل مكبرات العمليات عند ترددات أعلى من التردد الأقصى والذى يتراوح ما بين 1:10MHZ .

والجدير بالذكر أن مكبر العمليات 741 لايحتاج لتعويض فى التردد لأنه مزود داخلياً بدائرة تعويض.

١ / ٤ / ٣ – عرض حزمة الترددات Band Width

عرض حزمة الترددات لمكبرات العمليات يقصد بها مدى الترددات التى يعمل فيها مكبر العمليات باستقرار، ويتناسب عرض حزمة الترددات تناسبًا عكسيًا مع الكسب. فمثلاً يمكن أن يستخدم مكبر العمليات 741 فى دائرة بحيث يكون له معامل كسب 100، ويكون له عرض حزمة ترددات 10 KHZ . فى حين يمكن استخدام مكبر العمليات 741 فى دائرة أخرى بحيث يكون له معامل كسب 10 ويكون له عرض حزمة ترددات 10 KHZ .

فى حين يمكن استخدام مكبر العمليات 741 فى دائرة أخرى بحيث يكون له معامل كسب 10 وله عرض حزمة ترددات 100KHZ .

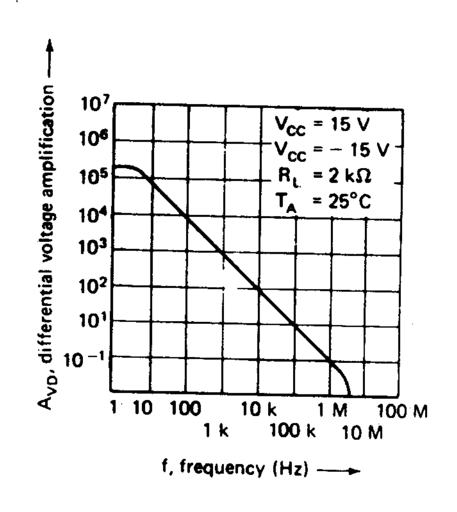
والمعادلة 1.1 تستخدم لإيجاد عرض حزمة الترددات BW :

$$BW = \frac{GBW}{Av} \rightarrow 1.1$$

حيث إن:

حاصل ضرب الكسب فى عرض حزمة الترددات	GBW
كسب الجهد	Av
عرض حزمة الترددات	BW

والشكل (١ – ٩) يعرض العلاقة بين كسب الجهد الفرقى والتردد لمكبر عمليات 741.



الشكل (١ – ٩)

١ / ٤ / ٤ – نسبة استبعاد النمط العام Common mode rejection ratio

لنسبة استبعاد النمط العام CMRR عدة تعريفات لعل أيسرها يفهم من المعادلة 1.2 .

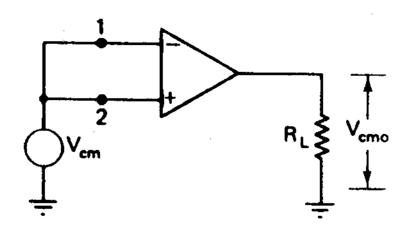
$$CMRR = \frac{Av}{Acm} \rightarrow 1.2$$

حيث إن :

معامل كسب الجهد للحلقة المغلقة Av

معامل كسب النمط العام Acm

والشكل (١ – ١٠) يبين طريقة تعيين معامل كسب النمط العام Acm .



الشكل (١ – ١٠)

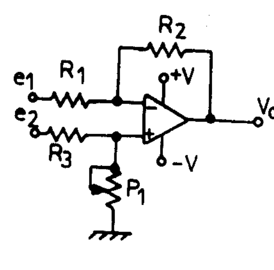
$$Acm = \frac{Vcmo}{Vcm} \rightarrow 1.3$$

وعادة فإن Acm تكون أقل كثيراً من الواحد.

أما معامل كسب الحلقة المغلقة فيختلف طريقة الحصول عليه تبعًا لطريقة توصيل مكبر العمليات كما سيتضح فيما بعد والشكل (١- ١١) يوضح طريقة تحسين نسبة استبعاد النمط العام.

حيث إن:

مقاومة كربونية	100 K Ω	R_1, R_2, R_3
مقاومة متغيرة	100 K Ω	P_1



الشكل (١ - ١١)

فعندما يكون $e_1=e_2$ فإن الخرج يكون قريبا من الصفر، وذلك بضبط P_1. وكلما ازدادت قيمة CMRR؛ دل على جودة المكبر، وأحيانا تعين CMRR بالديسيبل (dB). وذلك من المعادلة 1.4

$$CMRR = 20 \text{ Log } \frac{Av}{Acm} \rightarrow 1.4$$

١ / ٤ / ٥ - إزالة الحيود الناتج عن تيار الدخل الانحيازى

Offset due to input bias Current

نظراً لأن مكبرات العمليات تتكون من مجموعة من الترانزستورات ونظراً لأن هذه الترانزستورات تحتاج لتيارات دخل حتى تعمل وتتراوح تيارات الدخل ما بين (80: 500 nA). ففى حالة عدم تواجد إشارة دخل فإن تيارات الدخل الصغيرة يمكن أن تولد فرق جهد Vo بين المدخل العاكس وغير العاكس لمكبر العمليات؛ وينتج عن ذلك جهد خرج كبير كما هو مبين بالشكل (١ - ١٢).

حيث إن: جهد الخرج Vo يساوى:

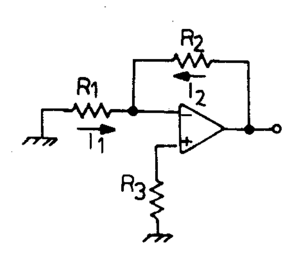
$$Vo = I_1 R_1 \rightarrow 1.5$$

وحتى نزيل الحيود الناتج فى الخرج نتيجة لتيار الدخل الانحيازى توصل مقاومة R_3 بين المدخل غير العاكس والأرضى كما هو مبين بالشكل (١ - ١٣).

وتعين المقاومة R_3 من المعادلة 1.6

الشكل (١ - ١٢)

$$R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \rightarrow 1.6$$



الشكل (١ - ١٣)

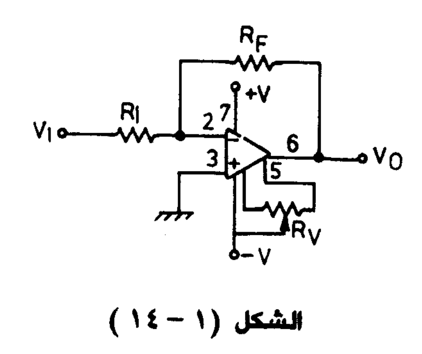
١ / ٤ / ٦ - جهد الدخل المزيل للحيود Input Offset Voltage

بعد عمل الترتيبات اللازمة لإزالة حيود الخرج الناتج عن تيار الدخل الانحيازى ستشعر أنه مازال هناك حيود فى الخرج عندما يكون دخله مساوياً الصفر يصل إلى الملى ڤولت، والسبب فى ذلك عدم التوافق الجيد بين الترانزستورات التى يبنى منها مكبر العمليات فى مرحلة الدخل.

والجدير بالذكر أن بعض مكبرات العمليات مثل: 741 تزود برجلين إضافيين لإزالة حيود الدخل المستمر بالطريقة المبينة بالشكل (١ - ١٤).

ويلاحظ أن مكبر العمليات 741 مزود بالأرجل1,5 لإزالة الحيود، وذلك بواسطة مقاومة متغيرة RV_1 توصل بينهما وتغذى النقطة المنزلقة للمقاومة المتغيرة مع الجهد

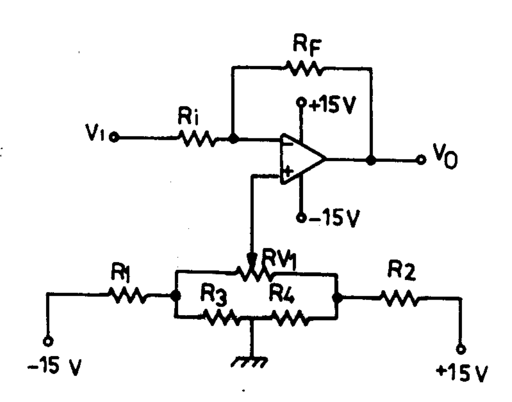
السالب V- للمصدر الكهربى.



الشكل (١ – ١٤)

أما فى حالة مكبرات العمليات غير المزودة بأرجل لإزالة الحيود مثل المكبر 709 فيتم إزالة الحيود فيها بالطريقة المبينة بالشكل (١ – ١٥).

فبواسطة المقاومة المتغيرة RV_1 يمكن الوصول إلى خرج مساويًا الصفر عندما يكون الدخل مساويًا الصفر. وتصل قيمة الجهد الذى يجب تسليطه على الرجل غير العاكسة (1: 15 mV) وذلك لإزالة حيود الخرج.



الشكل (١ – ١٥)

١ / ٤ / ٧ - معدل الإمالة Slew rate

ويعرف على أنه سرعة تغير جهد الخرج المقابل لموجة مربعة عندما تكون مقاومة الحمل 2KΩ ووحدتها (V/S) أو (V/µS).

وتتراوح ما بين (0.2V/µS : 20V/µS). ويسبب معدل الإمالة مشاكل فى حالة الموجات العريضة الاتساع (التى لها زمن دورى كبير) ويعين معدل الإمالة SR من المعادلة 1.7 من

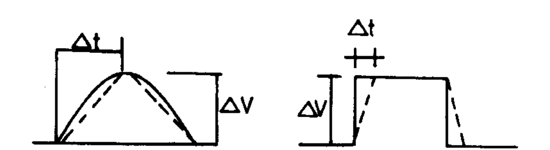
$$SR = \frac{\Delta Vo}{\Delta t} \quad \rightarrow 1.7$$

حيث إن:

ΔVo التغير فى جهد الخرج الحادث فى زمن Δt

Δt التغير فى الزمن

والشكل (١ - ١٦) يبين التشويه الحادث فى موجة مربعة (الشكل أ) وموجة جيبية (الشكل ب)؛ علماً بان المنحنيات المنقطة تبين الخرج المشوه والناتج عن معدل الإمالة المنخفض.



الشكل (١ - ١٦)

١ / ٥ - مصطلحات فنية شائعة الاستخدام

١ - **كسب الجهد للحلقة المفتوحة Avo**: وهى النسبة بين جهد الخرج وجهد الدخل فى حالة عدم وجود تغذية مرتدة وتصل هذه القيمة إلى 100000 وتتغير من مكبر لآخر.

٢ - **كسب الجهد للحلقة المغلقة Avc** : وهو النسبة بين جهد الخرج وجهد الدخل فى حالة وجود تغذية مرتدة وتتراوح هذه النسبة بين 1000 : 1 وهى تعتمد على قيم عناصر التغذية المرتدة.

٣ - **مقاومة الدخل RI** : وهى المقاومة بين المدخلين والأرضى.

٤ - **مقاومة الخرج RO** : وهى المقاومة بين الخرج والأرضى.

٥ - **جهد الدخل الملاشى للحيود VIO (Input offset voltage drift)** : وهو الجهد الواجب تطبيقه بين المدخلين للحصول على خرج صفرى.

٦ - **تيار الدخل الملاشى للحيود IIO (Input offset current)** : وهو الفرق بين تيارات المدخلين عندما يكون الخرج فى حالة جهد صفرى.

٧ - **تيار الدخل الانحيازى IIB (Input bias current)** : وهو متوسط تيارات المدخلين عندما يكون الخرج فى حالة جهد صفرى.

٨ - **جهد الدخل التفاضلى VID (Differential Input voltage)** : وهو فرق الجهد الأقصى المسموح به بين المدخلين العاكس وغير العاكس.

٩ - **زمن الاستجابة Tr (Response Time)** : وهو الزمن اللازم لتغيير جهد الخرج من النسبة 10% إلى 90% من القيمة العظمى لجهد الخرج.

١٠ - المستوى العالى لجهد الخرج Voh .

١١ - المستوى المنخفض لجهد الخرج Vol .

١٢ - المستوى العالى لتيار الخرج Ioh .

١٣ - المستوى المنخفض لتيار الخرج Iol .

١٤ - تيار التغذية Icc .

١٥ - جهد التغذية Vcc .

١٦ - عرض حزمة الترددات عند كسب الوحدة GBW ويساوى حاصل ضرب الكسب فى عرض حزمة الترددات.

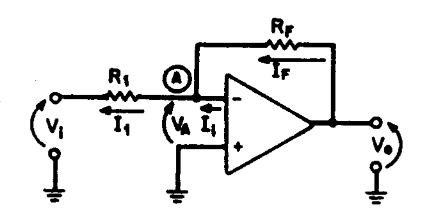
١ / ٦ – الدوائر الأساسية لمكبرات العمليات

حيث إن: معامل تكبير الحلقة المفتوحة Avo لمكبرات العمليات يكون كبيراً ويصل إلى 200000؛ لذا فإن مكبرات العمليات عادة لا تستخدم فى الحلقات المفتوحة، ولكن تستخدم فى حلقات مغلقة Closed Loop، ولكى يكون المكبر فى حالة استقرار فإن هذا الغلق يتم بواسطة تغذية خلفية سالبة Negative Feed back، وذلك من المخرج إلى المدخل العاكس، ويوجد عدة دوائر أساسية لمكبرات العمليات سنتناولها فى الفقرات التالية.

١ / ٦ / ١ – دائرة المكبر العاكس Inverting amplifier

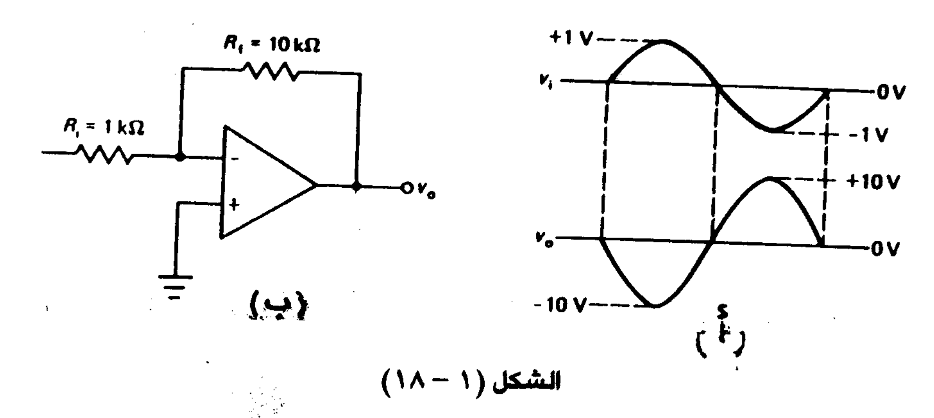
الشكل (١ – ١٧) يعرض دائرة مكبر عاكس وتسمى المقاومة R_F بمقاومة التغذية الخلفية أما المقاومة R_1 فهى مقاومة توالى وتوصل بين المدخل السالب (–) للمكبر وإشارة الدخل المطلوب تكبيرها، ونحصل على معامل كسب الجهد Av من المعادلة 1.8 :

$$Av = \frac{Vo}{Vl} = \frac{-R_F}{R_1} \rightarrow 1.8$$



الشكل (١– ١٧)

ولمزيد من الإيضاح إليك المثال الموضح بالشكل (١ – ١٨).



الشكل (١ – ١٨)

فإذا كانت إشارة الدخل Vi عبارة عن موجة جيبية قيمتها العظمى 1V+ فإن إشارة الخرج Vo ستكون موجة جيبية أيضاً بإزاحة 180° وقيمتها العظمى 10V .

حيث إن :

$$Vo = \frac{-R_F}{R_I} \quad Vi$$

$$= \frac{-10}{1} \times 1 = -10V$$

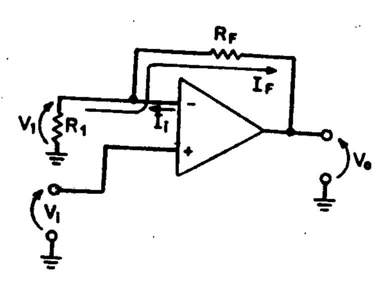
ويجب ملاحظة أن جهد الخرج Vo فى هذه الحالة لا يمكن أن يتعدى جهد مصدر القدرة، فإذا كان جهد مصدر القدرة ±15V فإن جهد الخرج لن يتعدى ±15V لأن المكبر سيكون فى حالة تشبع .

١ / ٦ / ٢ – دائرة المكبر غير العاكس Non Inverting Amplifier

الشكل (١ – ١٩) يعرض دائرة مكبر غير عاكس، ويلاحظ أن إشارة الدخل يسمح لها بالدخول على المدخل غير العاكس للمكبر (+) .

وفيما يلى معادلة كسب الجهد للمكبر غير العاكس:

$$Av = \frac{Vo}{Vi} = 1 + \frac{R_F}{R_I} \rightarrow 1.9$$



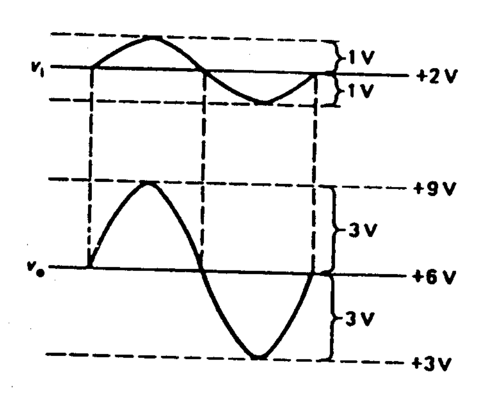
الشكل (١ - ١٩)

فإذا كان : $R_1 = 10K\Omega,\ R_F = 20K\Omega$ ودخلت موجة جيبية على المدخل غير العاكس، وكانت القيمة العظمى لها تساوى $\pm 1V$ فإن القيمة العظمى لجهد الخرج يساوى :

$$Vo = Av\ Vi = (1 + \frac{R_F}{R_1})\ Vi$$

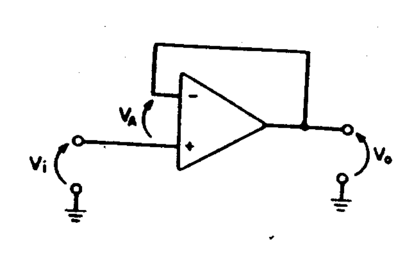
$$= (1 + \frac{20}{10})\ \pm 1 = \pm 3V$$

والشكل (١ - ٢٠) يبين العلاقة بين Vi مع الزمن، وكذلك Vo مع الزمن فى هذه الحالة ويلاحظ أنه لا يوجد إزاحة وجهية بين Vi و Vo .



الشكل (١ - ٢٠)

١ / ٦ / ٣ - دائرة مكبر الوحدة Unity Follower



الشكل (١ - ٢١)

الشكل (١ - ٢١) يعرض دائرة مكبر وحدة غير عاكس، ويتميز مكبر الوحدة بأنه جهد خرجه Vo مساوٍ تقريباً لجهد الدخل Vi فى القيمة والقطبية، لذلك سمى مكبر الوحدة ويستخدم مكبر الوحدة عادة فى العزل. **وفيما يلى معادلة كسب الجهد لمكبر الوحدة :**

$$Av = \frac{Vo}{Vi} = 1 \rightarrow 1.10$$

١ / ٦ / ٤ – دائرة المكبر الجامع والعاكس The summing Op. Amp.

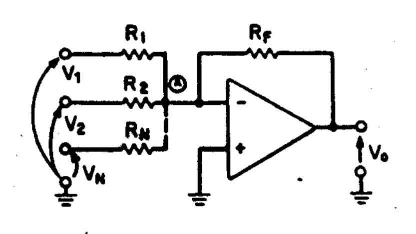
يعتبر المكبر الجامع العاكس هو أحد تطبيقات المكبر العاكس، ويجرى المكبر الجامع عملية جمع لجهود الدخول المختلفة، ولكن مع عكس الإشارة.

والشكل (١ – ٢٢) يعرض دائرة جامع عاكس بثلاثة مداخل فقط وبالطبع يمكن زيادة عدد المداخل حسب الاستخدام لأى عدد من المداخل، أو نحصل على قيمة جهد الخرج لهذه الدائرة من المعادلة 1.11

$$V_o = -\left(\frac{R_F}{R_1} V_1 + \frac{R_F}{R_2} V_2 + \frac{R_F}{R_3} V_3\right) \rightarrow 1.11$$

فإذا كانت: $R_1 = R_2 = R_3 = R_F$

تصبح $V_o = -(V_1 + V_2 + V_3)$



الشكل (١ – ٢٢)

مثال:

إذا كان قيم المقاومات كما يلى $R_1 = R_2 = R_3 = R_F = 10K\Omega$

وكانت جهود الدخل كالآتى: $V_1 = 5V$, $V_2 = 6V$, $V_3 = 8V$

فإن جهد الخرج سيساوى : $V_o = -(5 + 6 + 8) - 19V$

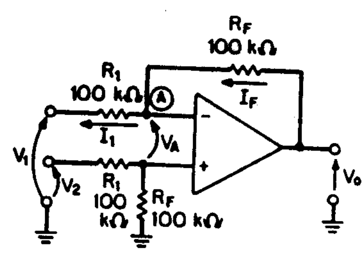
فإذا كان جهد مصدر القدرة مساوياً $\pm 15V$ فإن المكبر سوف يتشبع، وبالتالى يصبح مساوياً جهد التشبع Vsat - والذى يساوى 13V - فى هذه الحالة.

١ / ٦ / ٥ - دائرة المكبر الفرقى The Differential Amplifier

فى الدوائر السابقة لاحظنا أن الإشارة الداخلة تدخل على أحد طرفى الدخل لمكبر العمليات، أما إذا سمح لإشارتى دخل الدخول معاً على مدخلى مكبر العمليات يسمى المكبر فى هذه الحالة بالمكبر الفرقى (المكبر الطارح).

والشكل (١ - ٢٣) يعرض دائرة المكبر الفرقى ويمكن الحصول على قيمة جهد الخرج V_o للمكبر الفرقى من المعادلة 1.12 :

$$V_o = \frac{R_F}{R_1}(V_2 - V_1) \rightarrow 1.12$$



الشكل (١ - ٢٣)

والجدير بالذكر أن المقاومة الموصلة بين المدخل غير العاكس والأرضى تقوم بضبط أى حيود للخرج عن الصفر فى حالة تساوى الجهدين V_2 و V_1 أو مساواتهما للصفر.

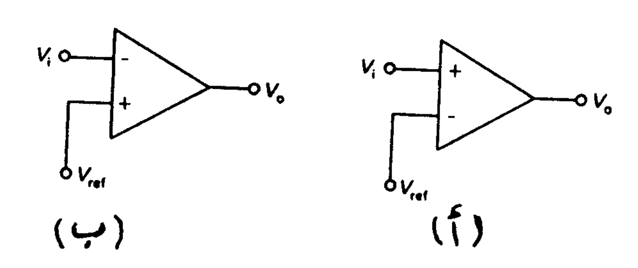
١ / ٦ / ٦ - دائرة مقارن الجهد Voltage comparator

يوجد نوعان من دوائر مقارنات الجهد وهما :

١ - دائرة مقارن الجهد العاكس.

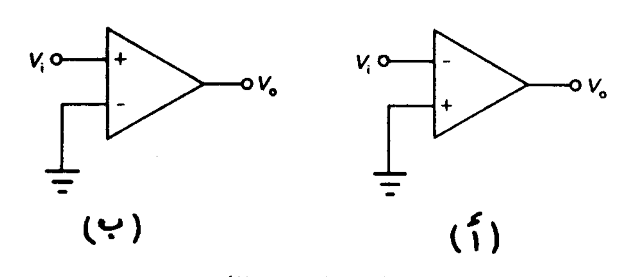
٢ - دائرة مقارن الجهد غير العاكس.

والشكل (١ - ٢٤) يعرض مقارن جهد بسيط غير عاكس (أ) ومقارن جهد بسيط غير عاكس (ب) ويسمى المقارن بمقارن عاكس عند دخول إشارة الجهد على المدخل العاكس، فى حين يسمى بمقارن غير عاكس عند دخول إشارة الجهد على المدخل غير العاكس.



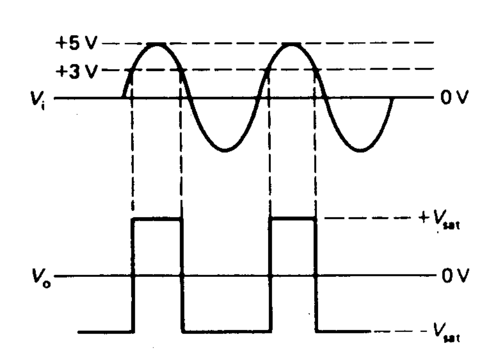
الشكل (١ - ٢٤)

حيث إن: معامل الكسب لمكبر العمليات التى يعمل فى حلقة مفتوحة كما هو الحال فى المقارن كبير جداً؛ لذا فإن جهد إشارة بالمللى ڤولت يكفى لتشبع المكبر؛ لذا فإن خرج مقارن الجهد دائماً جهد التشبع موجباً أو سالباً Vsat±، وفى حالة قيام المقارن بمقارنة إشارة جهد مع 0V (جهد الأرضى) فإنه يسمى بكاشف عبور الصفر Zero crossing detector، كما بالشكل (١ - ٢٥)، حيث يتغير حالة خرج المقارن عند عبور جهد الدخل بالصفر، فإذا افترضنا أن مقارن غير عاكس يقارن موجة جيبية جهدها الأقصى 5V بجهد أساس مستمر يساوى 3V+ .



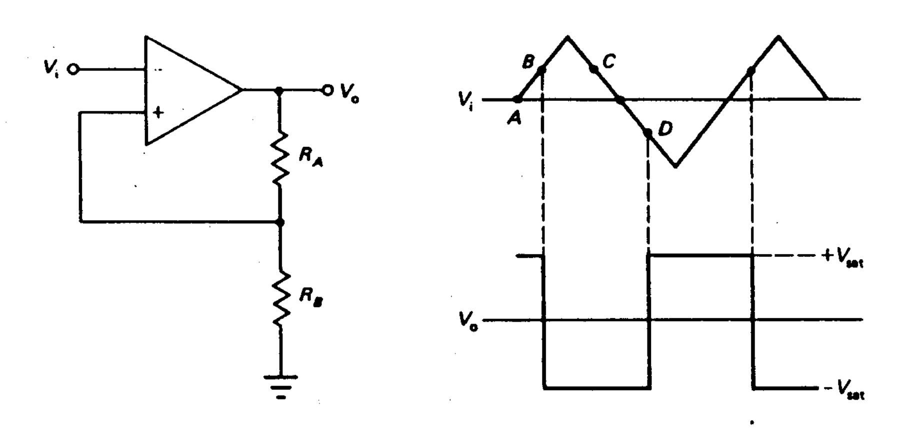
الشكل (١ - ٢٥)

فإذا افترضنا أن مقارن غير عاكس يقارن موجة جيبية جهدها الأقصى 5V مع جهد أساس مستمر يساوى 3V+ فإن شكل موجة الدخل وموجة الخرج المتوقع موضحة بالشكل (١ - ٢٦)، ويلاحظ أنه عندما يكون جهد الدخل أكبر من 3V+ فإن خرج المقارن يكون مساوياً Vsat+، وعندما يكون جهد الدخل أصغر من 3V+ فإن خرج المقارن يكون مساوياً Vsat -؛ علماً بأن Vsat تساوى 13V± تقريباً عندما يكون جهد مصدر القدرة 15V±.



الشكل (١ - ٢٦)

ويوجد نوعاً آخر من دوائر المقارنات تسمى بدوائر المقارنات ذات الرجوعية وتستخدم هذه المقارنات فى المنظم ذات الموضعين Two position controllers، والشكل (١ - ٢٧) يعرض دائرة مقارن برجوعية وشكل الموجة الخارجة Vo عندما تكون الموجة الداخلة Vi على شكل أسنان منشار.



الشكل (١ - ٢٧)

والمقصود بالرجوعية هو اعتماد خرج الدائرة على الحالة السابقة للدخل. فكما هو واضح أن خرج المقارن يكون مشبعاً موجباً فى المنطقة بين النقطتين A, B وتماماً كالحالة السابقة للمقارن فى حين يتحول خرج المقارن ليصبح مشبعاً سالباً بعد النقطة B ويظل الخرج مشبعاً سالباً فى المنطقة C, D اعتماداً على الحالة

السابقة وهكذا.

ويمكن تحديدحدود الرجوعية من المعادلة 1.13 :

$$V_{ref} = \frac{R_B}{R_A + R_B} (\pm V_{sat}) \rightarrow 1.13$$

حيث إن:

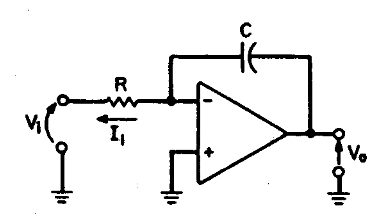
جهد الأساس وهو جهد النقطة B أو النقطة A $\quad V_{ref}$

جهد التشبع لمكبر العمليات $\quad V_{sat}$

١ / ٦ / ٧ - دائرة المكبر المكامل Integrator

تعرف عملية التكامل بأنها جمع قيم إشارات الدخل خلال فترة زمنية معينة، والشكل (١ - ٢٨) يعرض دائرة مكبر مكامل وهى تشبه دائرة المكبر العاكس عدا أن مقاومة التغذية الخلفية R_F فى المكبر العاكس استبدلت بالمكثف C والمعادلة 1.14 تعرف العملية التى تجريها هذه الدائرة:

$$V_o = \frac{-1}{RC} \int_0^t V_i \, dt \rightarrow 1.14$$



الشكل (١ - ٢٨)

وعادة توصل مقاومة بالتوازى مع مكثف دائرة المكامل للأسباب التالية:

١ - منع المكبر من تكامل الجهود المستمرة حتى ولو كانت صغيرة والتى قد تؤدى لفقدان الدائرة لصفة التكامل.

٢ - المحافظة على معامل كسب لا يقل عن $\left(\frac{R_A}{R_1}\right)$ عند الترددات المنخفضة.

حيث إن:

R_A هى قيمة المقاومة الموصلة بالمكثف على التوازى، أما R_1 فهى مقاومة الدخل.

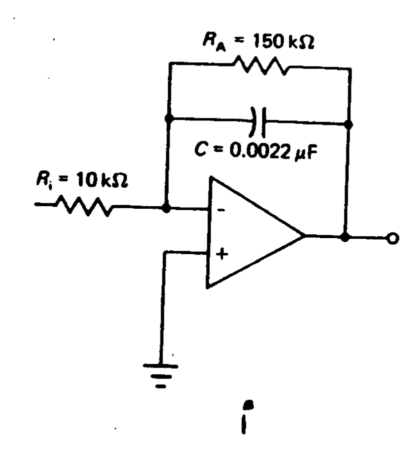
والشكل (١ - ٢٩) يبين دائرة مكامل (أ) وشكل موجة الدخل والخرج عندما تكون موجة الدخل مربعة (ب)، وعندما تكون موجة الدخل جيبية (جـ).

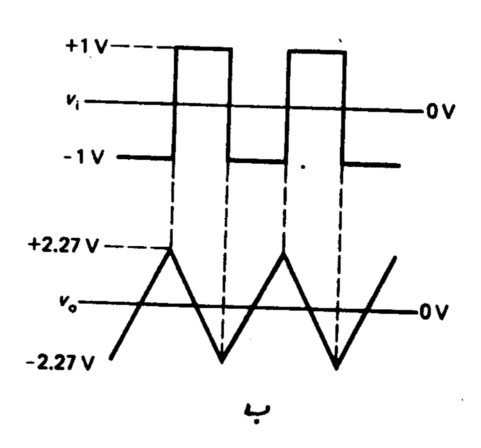
ويلاحظ أن الموجة المربعة عند تكاملها تتحول لموجة مثلثة أما الموجة الجيبية عند تكاملها تكون جيبية؛ ولكن بإزاحة 90° جهة اليسار؛ علماً بأن جهد الخرج الأقصى للمكامل عندما يكون دخله موجة جيبية يساوى:

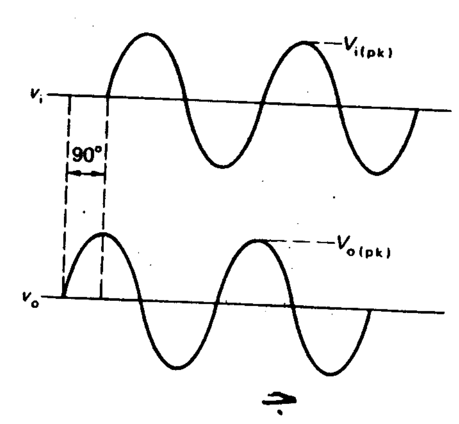
$$V_{o\,(PK)} = \frac{V_{i\,(PK)}}{2\pi F R_i C} \rightarrow 1.15$$

حيث إن:

جهد الخرج الأقصى	$V_{o\,(PK)}$
جهد الدخل الأقصى	$V_{i\,(PK)}$
تردد موجة الدخل	F
النسبة التقريبية	π



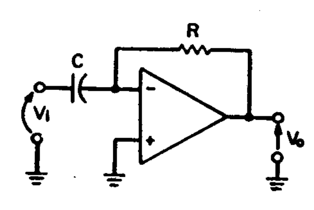




الشكل (١ - ٢٩)

١ / ٦ / ٨ - دائرة المكبر المفاضل The differentiator

الشكل (١ - ٣٠) يعرض دائرة المكبر المفاضل وهى تشبه دائرة المكبر المكامل مع تبديل وضع المكثف والمقاومة، والمعادلة 1.15 تعرف العملية التى تجريها هذه الدائرة:



الشكل (١ - ٢٠)

$$Vo = -RC \frac{dvi}{dt} \rightarrow 1.15$$

وعادة توصل مقاومة Rs على التوالى مع المكثف C للمحافظة على الكسب فى الترددات العالية

مساوياً $\frac{-R}{Rs}$.

والشكل (١ – ٣١) يبين دائرة مكبر مفاضل عملية وشكل الموجة الداخلة والخارجة فى حالتين:

١ – عندما تكون الموجة الداخلة جيبية . ٢ – عندما تكون الموجة الداخلة مربعة .

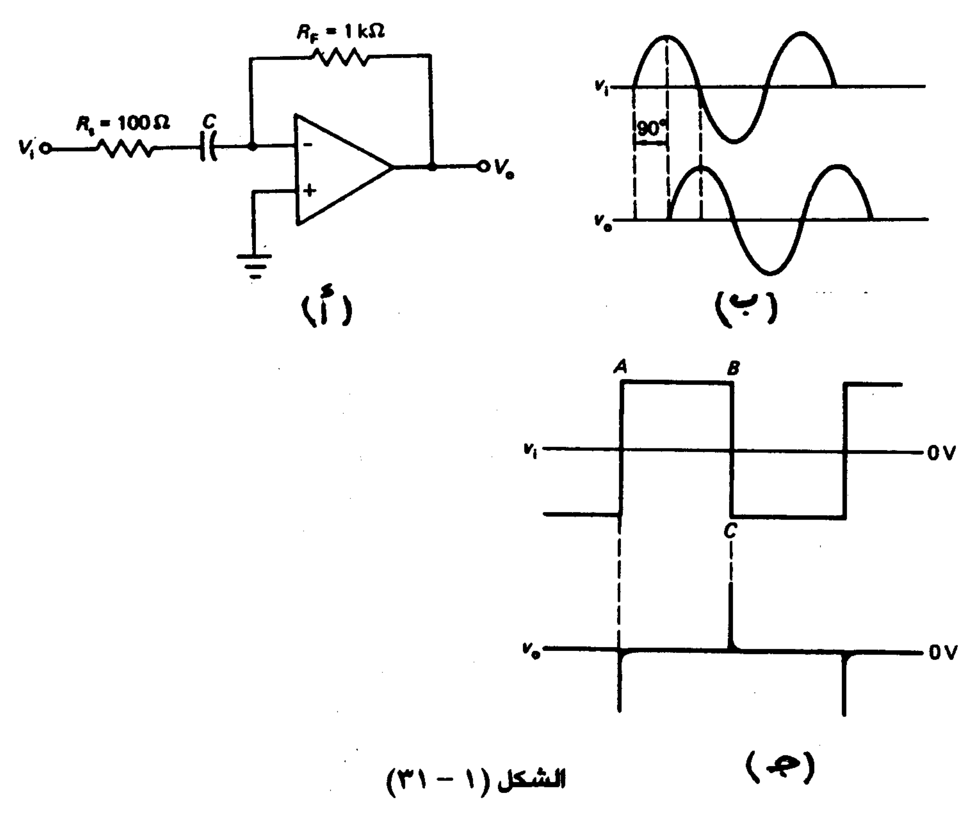
ويلاحظ أن الموجة الجيبية عند تفاضلها تكون جيبية ولكن بإزاحة 90° جهة اليمين، علماً بأن جهد الخرج الأقصى للمفاضل عندما يكون دخله موجة جيبية نحصل عليه من المعادلة 1.16 :

$$V_{o\,(PK)} = 2\,\pi\, F R_F C V_{i\,(PK)} \rightarrow \;\; 1.16$$

حيث إن :

جهد الخرج الأقصى	$V_{o\,(PK)}$	تردد الموجة الداخلة	F
جهد الدخل الأقصى	$V_{i\,(PK)}$	النسبة التقريبية	π

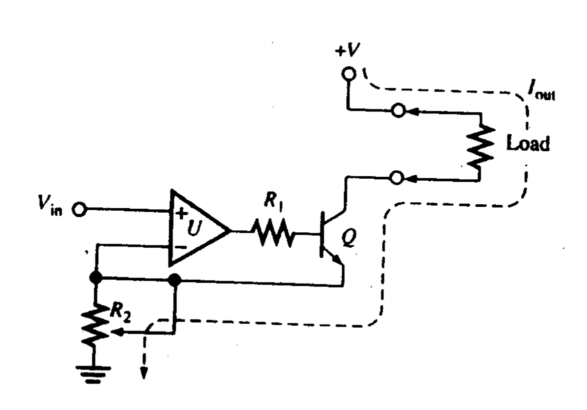
فى حين أن الموجة المربعة عند تفاضلها تتحول لنبضات موجبة ونبضات سالبة .



الشكل (١ – ٣١)

١ / ٦ / ٩ - دائرة محول الجهد لتيار

من المعلوم أن مكبرات العمليات هى مكبرات جهد وأكثر هذه المكبرات تكون لها خرج تيار محدد الأمر الذى جعلنا نحتاج إلى طريقة لتحويل الجهد لتيار، والشكل (١ - ٣٢) يبين دائرة محول جهد لتيار باستخدام مكبر عمليات .



الشكل (١ - ٣٢)

وهذه الدائرة تعطى تيار خرج يتناسب مع جهد الدخل، وعند التدقيق فى هذه الدائرة نجد أنها دائرة مكبر عاكس، حيث يتحكم جهد خرج المكبر فى الترانزستور Q، فكلما زاد جهد الخرج ازداد تيار مجمع الترانزستور Q . ويصل المكبر لحالة الاتزان عندما يكون الجهد الواقع على الرجل العاكسة (-) يساوى جهد الدخل على الرجل غير العاكسة، أى عندما يكون :

$$Vin = Iout\ R_2$$

وبالتالى نحصل على قيمة تيار الخرج من المعادلة 1.17 :

$$Iout = \frac{Vin}{R_2} \rightarrow 1.17$$

ويمكن التحكم فى شدة تيار الخرج المقابل لجهد الدخل بالتحكم فى قيمة المقاومة R_2، ويجب اختيار R_1 بحيث تكون كافية لتحديد تيار قاعدة الترانزستور .

والجدير بالذكر أن الترانزستور Q يعمل على زيادة مستوى تيار خرج المكبر، ولذلك يختار بحيث يكون قادراً على حمل التيار المطلوب، كما يجب أن يكون الجهد +V كافياً لإمرار التيار المطلوب، فإذا كان التيار المطلوب 2mA ومقاومة الحمل 20KΩ فإن الجهد +V يجب أن يكون أكبر من 40V.

١ / ٦ / ١٠ - دائرة مكبر القص Clipping

الشكل (١ – ٣٣) يعرض دائرة مكبر القص، حيث يعمل مكبر العمليات كمكبر عاكس بطريقة طبيعية إذا كان جهد الخرج Vo يحقق العلاقة 1.18 :

$$Vo < (Vz + 0.7) \rightarrow 1.18$$

أى أن جهد الخرج يجب أن يكون أقل من جهد موحد الزينر مضافاً إليه 0.7V، أما إذا كان جهد الخرج لا يحقق العلاقة 1.18، فإن التغذية المرتدة السالبة تزداد بسرعة، ولا تتعدى القيمة القصوى للخرج ±(Vz+0.7V)، والمعادلة 1.19 تعرف عمل دائرة مكبر القص إذا تحققت العلاقة 1.18 :

الشكل (١ – ٣٣)

$$Av = \frac{Vo}{Vi} = \frac{R_2}{R_1} \rightarrow 1.19$$

١ / ٧ - المرشحات الفعالة Active Filter

تبنى المرشحات الفعالة بمكبرات العمليات وذلك بعمل تغذية مرتدة موجبة وتغذية مرتدة سالبة، **ويوجد عدة أنواع من هذه المرشحات وهم كما يلى :**

١ - مرشح تمرير الترددات المنخفضة Active low pass Filter :

الشكل (١ – ٣٤) يعرض دائرة مرشح تمرير الترددات المنخفضة ويقوم هذا المرشح بتمرير الترددات التى تتراوح ما بين (0:Fc)، حيث إن Fc هو تردد القطع ويعين من المعادلة 1.20 :

$$Fc = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \rightarrow 1.20$$

علماً بان قيمة المقاومة R_3 تساوى مجموع قيم المقاومتين R_1 , R_2، ويكون جهد الخرج ثابتاً وصولاً لتردد القطع Fc عنده ينخفض جهد الخرج إلى 0.707 من القيمة العظمى للخرج.

الشكل (١ - ٣٤)

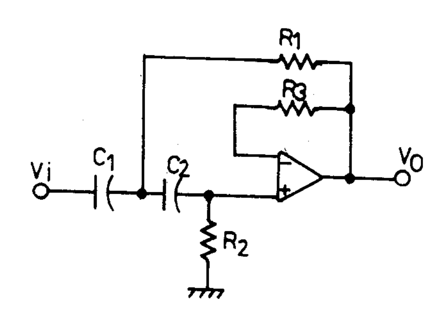
٢ - مرشح تمرير الترددات العالية Active high pass Filter :

الشكل (١ - ٣٥) يعرض دائرة مرشح تمرير الترددات العالية الفعال ويقوم هذا المرشح بإمرار الترددات الأكبر من Fc (تردد القطع)، والذى يمكن تعيينه من المعادلة 1.21 :

$$Fc = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \rightarrow 1.21$$

ويجب أن يكون :

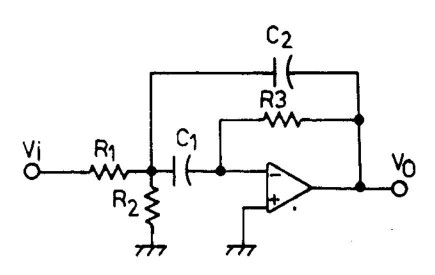
$$C_1 = C_2 \; , R_2 = 2R_1 \; , R_3 = R_2$$



الشكل (١ - ٣٥)

٣ - مرشح تمرير الحزمة الفعال Active band pass Filter :

الشكل (١ - ٣٦) يعرض دائرة مرشح تمرير الحزمة الفعال ويسمح هذا المرشح بتمرير مجموعة محددة من الترددات فى حين يمنع مرور باقى الترددات، ويكون خرج هذا المرشح أكبر ما يمكن عند تردد الرنين Fr والذى يعين من المعادلة 1.22 :



الشكل (١ - ٣٦)

$$Fr = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_P R_3 C_1 C_2}} \rightarrow 1.22$$

وتعين المقاومة R_P من المعادلة 1.23 :

$$R_P = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} \rightarrow 1.23$$

ويعين عرض حزمة الترددات التى تمر فى هذا المرشح BW من المعادلة 1.24 :

$$BW = \frac{F_r}{Q} \rightarrow 1.24$$

ويعين عامل الجودة Q من المعادلة 1.25 إذا كان $C_1 = C_2$:

$$Q = 0.5\sqrt{\frac{R_3}{R_P}} \rightarrow 1.25$$

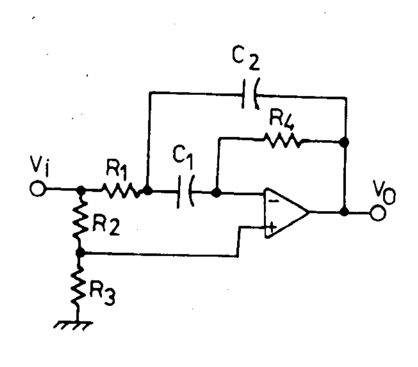
٤ - مرشح رفض حزمة فعال Active band Reject Filter :

الشكل (١ -- ٣٧) يعرض دائرة رفض حزمة فعال ويقوم هذا المرشح بإمرار كل الترددات عدا حزمة من الترددات يعين عرضها BW من المعادلة 1.26 :

$$BW = \frac{Fr}{Q} \rightarrow 1.26$$

ويعين تردد الرنين Fr من المعادلة 1.27 :

$$Fr = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \rightarrow 1.27$$

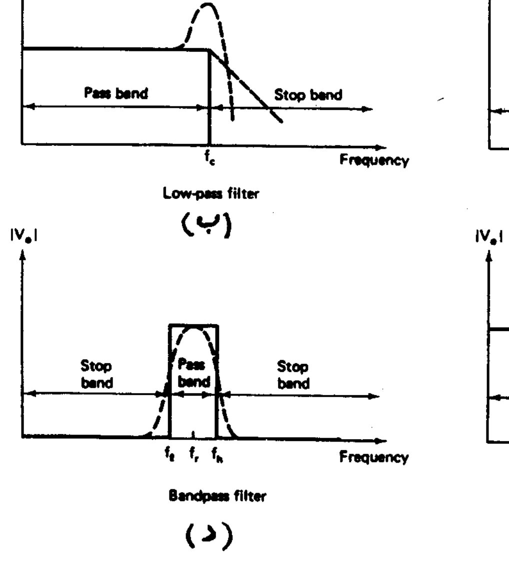


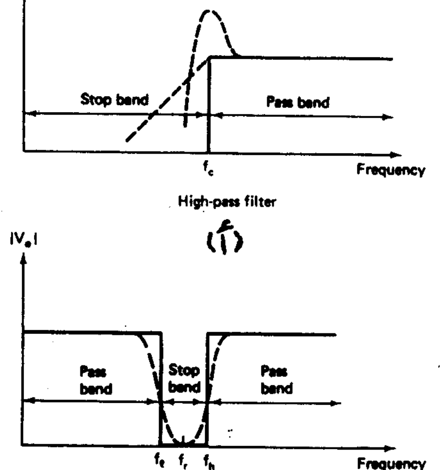
الشكل (١ – ٣٧)

ويعين عامل الجودة Q من المعادلة 1.28 :

$$Q = 0.5\sqrt{\frac{R_4}{R_1}} \rightarrow 1.28$$

والشكل (١ – ٣٨) يعرض العلاقة بين جهد الخرج output والتردد Frequency للأنواع المختلفة للمرشحات .



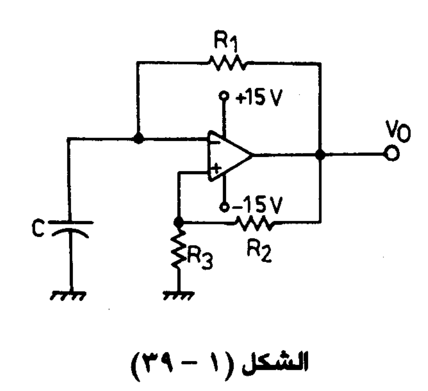


الشكل (١ – ٣٨)

١ / ٨ - المذبذبات المرتكزة على مكبرات العمليات

أولاً : مولدات الموجة المربعة

الشكل (١ - ٣٩) يعرض دائرة مولد موجة مربعة. ويعمل المكبر A كمكبر فرقي، فعند توصيل التيار الكهربى للدائرة يكون جهد المدخل العاكس (-) فى بادئ الأمر 0V ويكون جهد المدخل غير العاكس (+) أعلى من (0V)؛ نتيجة لمرور التيار الانحيازى عبر المقاومة R_3 فيصبح خرج المكبر +Vsat (جهد التشبع الموجب) ويبدأ المكثف فى الشحن عبر المقاومة R_1 ويصبح جهد المدخل غير العاكس (+) مساوياً جهد العتبة V_T والذى يساوى :



الشكل (١ - ٣٩)

$$V_T = +V_{sat} \left(\frac{R_3}{R_2 + R_3} \right) \rightarrow 1.29$$

وعندما يصبح جهد المدخل العاكس (-) أكبر من جهد المدخل غير العاكس (-) والذى يساوى جهد العتبة V_T فى هذه الحالة يصبح خرج المكبر Vsat - وتباعاً يصبح جهد المدخل غير العاكس مساويا V_T-، ويبدأ المكثف C فى تفريغ شحنته ثم الشحن فى الاتجاه المعاكس وعند وصول الجهد على المكثف أقل من V_T- يصبح خرج المكبر +Vsat، وتتكرر دورة التشغيل ونحصل على تردد الخرج من المعادلة 1.30 :

$$F = \frac{1}{2 R_1 C} \rightarrow 1.30$$

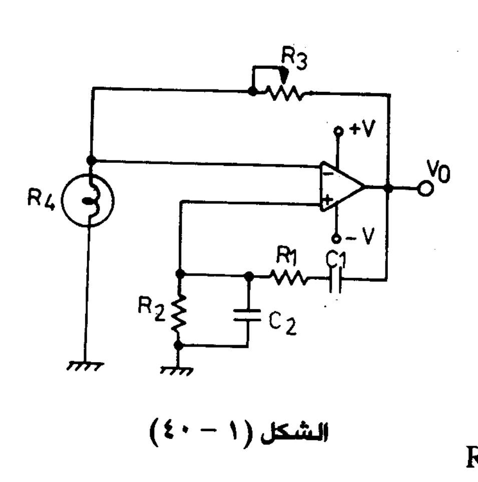
وذلك عندما يكون $R_3 = 0.86\ R_2$.

علماً بأن جهد التشبع Vsat يساوى تقريباً 13V عندما جهد المصدر الكهربى +15V ويمكن الحصول على موجة مثلثة بإدخال الموجة المربعة الخارجة من هذا

المذبذب على مكامل كما بالشكل (١ – ٢٩).

ثانيا : مولدات الموجات الجيبية

سنتناول فى هذه الفقرة مذبذب قنطرة وين ، والذى يرتكز على مكبر عمليات، وذلك لتوليد مدى واسع من الموجات الجيبية، وبالشكل (١ – ٤٠) مذبذب قنطرة وين Wien، فتشكل المقاومات R_4 , R_3 ذراعين من قنطرة وين، فى حين أن الذراع الثالث يتشكل بواسطة R_1 , C_1 والذراع الرابع يتشكل بواسطة R_2 , C_2 وتوفر المقاومات R_3 , R_4 مسار التغذية المرتدة السالبة فى جميع الترددات فى حين أن R_2 , C_2 , R_1 , C_1 توفر مسار التغذية المرتدة الموجبة.



الشكل (١ – ٤٠)

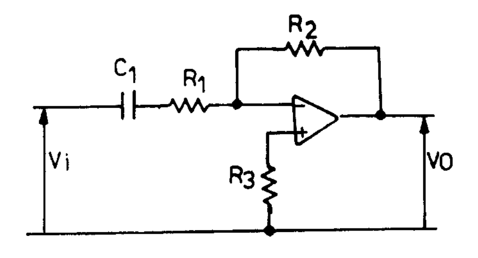
والجدير بالذكر أن R_4 عادة تكون مصباحاً متوهجاً للمحافظة على جهد خرج ثابت، وذلك لأن المصباح ذو الفتيلة (المتوهج) له مقاومة لها معامل حرارى موجب PTC، أى أن مقاومته تزداد كلما ازدادت درجة الحرارة، فكلما ازداد جهد الخرج زادت مقاومة المصباح (لارتفاع درجة حرارتها) فيزداد جهد التغذية المرتدة السالبة فيقل جهد الخرج والعكس بالعكس، ويعين تردد الدائرة من المعادلة 1.31 :

$$F = \frac{1}{2\pi\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \rightarrow 1.31$$

ويمكن التحكم فى قيمة جهد الخرج بواسطة المقاومة المتغيرة R_3، وهناك مشكلة فى تنفيذ هذه الدائرة، وهو أن المصباح ذو الفتيلة R_4 يكون ذو قدرة عالية؛ وحيث أن معظم مكبرات العمليات غير قادرة لتشغيل هذا المصباح، لذلك يوجد بعض التقنيات للتغلب على هذه المشكلة سنتعرض لها فى بعض التطبيقات.

١ / ٩ - تشغيل مكبرات العمليات فى دوائر التيار المتردد

فى جميع الدوائر التى تناولناها فى الفقرات السابقة لمكبرات العمليات كانت إشارة الدخل تدخل مباشرة على مداخل مكبرات العمليات، وهذا يجعل هذه الدوائر تعمل عند ترددات تصل إلى الصفر (أى مع التيار المستمر)، ولكن ذلك ليس مرغوباً فى بعض التطبيقات عند دخول إشارة مترددة محملة على جهد مستمر، فى مثل هذه التطبيقات يمكن توصيل مكثف ذات قيمة مناسبة على التوالى مع مدخل المكبر كما هو مبين بالشكل (١ - ٤١) . وينبغى اختيار هذا المكثف بحيث تكون معاوقته أصغر بكثير من مقاومة الدخل للمكبر عند التردد الأدنى المسلط على المدخل.



الشكل (١ - ٤١)

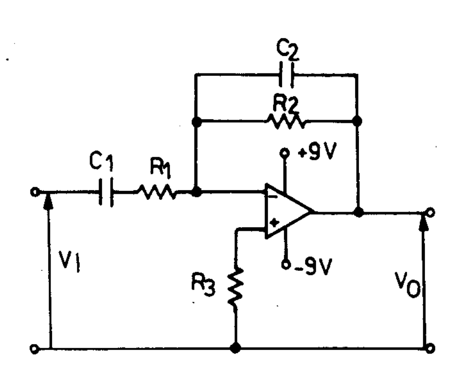
والجدير بالذكر أنه فى دوائر المكبرات غير العاكسة فإن مقاومة الدخل تكون عالية جداً؛ لذلك فإن مكثفاً غير الكتروليتى سعته 100nF يكون ملائم جداً. أما فى حالة دوائر مكبرات العاكسة والتى لها مقاومة دخل أقل بكثير فينبغى اختيار مكثفات لها سعات أكبر من 100nF، والشكل (١ - ٤٢) يعرض دائرة مكبر عاكس يستخدم فى دوائر التيار المتردد.

ويعين تردد القطع الأدنى FCL من المعادلة 1.32 :

$$Fcl = \frac{1}{2\pi\ C_1\ R_1}\ (HZ)\ \rightarrow\ 1.32$$

ويعين تردد القطع الأقصى F_{CH} من المعادلة 1.33 :

$$F_{CH} = \frac{1}{2\pi \ C_2 R_2} \ (HZ) \ \rightarrow \ 1.33$$



الشكل (١ - ٤٢)

فعند استخدام العناصر التالية :

مقاومة كربونية 10KΩ	R_1
مقاومة كربونية 100KΩ	R_2
مقاومة كربونية 9.1KΩ	R_3
مكثف بوليستر 150nF	C_1
مكثف بوليستر 330pF	C_2
دائرة متكاملة طراز TLO81	A

فإن تردد القطع الأقصى سيساوى 5KHZ وتردد القطع الأدنى سيساوى 100HZ .

ويكون معامل الكسب مساوياً :

$$Av = \frac{R_2}{R_1} = \frac{100}{10} = 10$$

ويكون معامل الكسب بالديسيبل مساوياً:

$$Av = 20 \log \frac{R_2}{R_1} = 20dB$$

ومقاومة الدخل تساوى R_1 أى 10KΩ .

أى أن هذه الدائرة ستقوم بتكبير إشارات الجهد التى ترددها يتراوح ما بين (100HZ : 5KHZ) بمعامل كسب 20dB وخارج هذه الحدود لن تعمل هذه الدائرة، علماً بأن الكسب عند ترددات القطع 100HZ , 5KHZ يساوى (0.707Av) ويكون النطاق الترددى BW مساوياً:

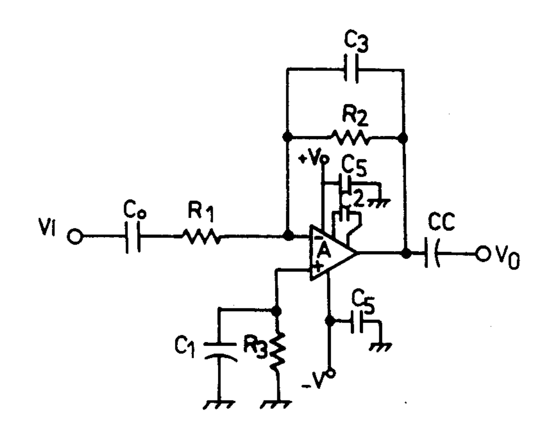
$$BW = F_{CH} - F_{CL} \rightarrow 1.34$$

$$= 5000 - 100 = 4900\ HZ$$

والشكل (١ – ٤٣) يعرض دائرة مكبر عاكس آخر يستخدم فى دوائر التيار المتردد

حيث إن:

مقاومة كربونية 10KΩ	R_1
مقاومة كربونية 100KΩ	R_2
مقاومة كربونية 4.7KΩ	R_3
مكثف بوليستير 150nF	C_0
مكثف كيميائى 10µF	C_1
مكثف بوليستير 0.022µF	C_2
مكثف بوليستير 330PF	C_3
مكثف بوليستير 0.1µF	C_5
مكثف كيميائى 10µF	C_C
مكبر عمليات طراز TLO81	A



الشكل (١ – ٤٣)

والجدير بالذكر أن المقاومة R_3 تعمل على إزالة الحيود الناتج عن تيارات الدخل الانحيازية وتساوى:

$$R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

– والمكثف C_3 يعمل على زيادة استقرار المكبر ويعين من المعادلة 1.35 :

$$C_3 = \frac{1}{2\pi \; R_1 F_{CH}} \; (HZ) \rightarrow 1.35$$

حيث إن:

– التردد F_{CH} هو تردد القطع الأقصى.

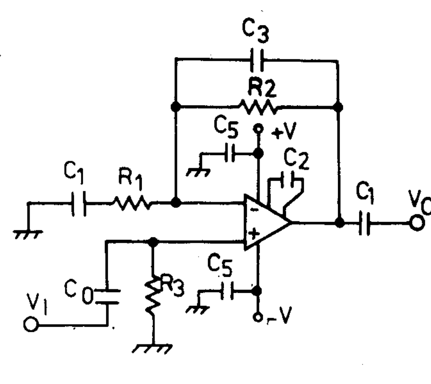
– المكثف C_5 يوصل مع أطراف المصدر ويسمى بمكثف ربط المصدر.

– المكثف C_O يعمل على منع دخول الإشارات المستمرة على المدخل العاكس.

– المكثف C_C يمنع ارتداد التيارات المستمر من المخرج إلى المدخل العاكس.

– المكثف C_2 يعمل على تعويض التردد.

والشكل (١ - ٤٤) يعرض دائرة مكبر غير عاكس يعمل فى دوائر التيار المتردد.



الشكل (١ - ٤٤)

حيث إن: الكسب يساوى:

$$A_V = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

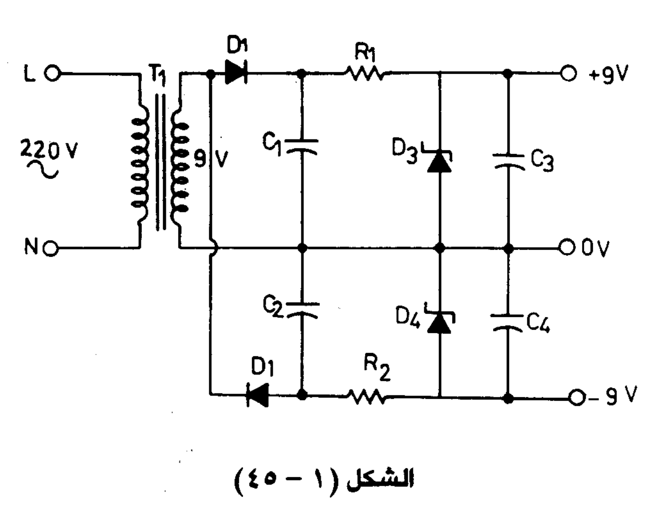
والجدير بالذكر أن جميع المكثفات المستخدمة فى هذه الدائرة لا تختلف عن المستخدمة فى الدائرة السابقة عدا أن المكثف C_1 يعين من المعادلة 1.36:

$$C_1 = \frac{1}{2\pi \; C_2 \, F_{CL}} \rightarrow 1.36$$

علماً بأن F_{CL} هو تردد القطع الأدنى.

١ / ١٠ - مصادر القدرة لمكبرات العمليات القياسية

تحتاج مكبرات العمليات القياسية لمصادر قدرة مزدوجة لها جهود تتراوح ما بين (±20V : ±5V)، وأكثر الجهود المتعارف عليها هى ±15V، والشكل (١ - ٤٥) يعرض مصدر قدره مزدوج ومنتظم يعطى جهد خرج يساوى (+9V , 0V , -9V).

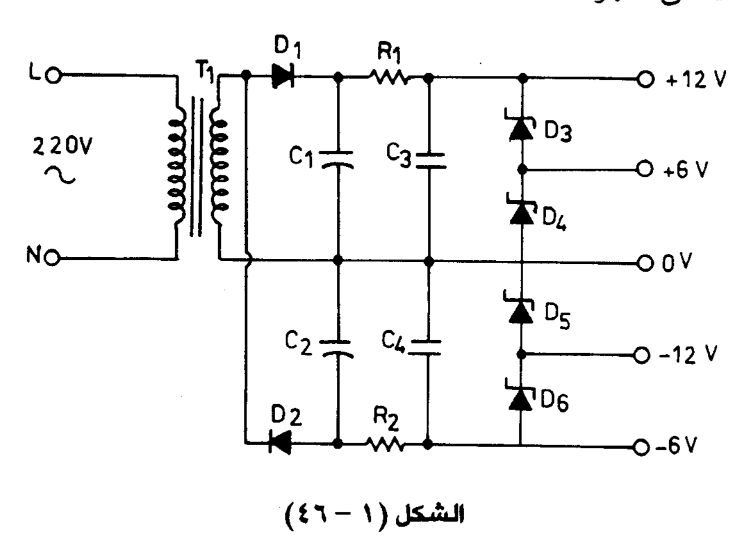


الشكل (١ - ٤٥)

عناصر الدائرة :

مقاومات قيمتها 120 Ω وقدرتها 5W	R_1 , R_2
مكثفات كيميائية 1000µF/25V	C_1 , C_2
مكثفات كيميائية 470µF/16V	C_3 , C_4
موحدات سليكونية طراز EM4005	D_1 , D_2
موحدات زينر طراز BZX70	D_3 , D_4
محول 220/9V وتياره 1A	T_1

والشكل (١ – ٤٦) يعرض دائرة أخرى لمصدر قدرة مزدوج ومنتظم لمكبرات العمليات يعطى الجهود الآتية (+12 , +6, 0, -6, -12V) .



الشكل (١ – ٤٦)

عناصر الدائرة :

مقاومة قيمتها 100Ω وقدرتها 5W	R_1 , R_2
مكثف كيميائى 1000µF/25V	C_1 , C_2
مكثف سيراميك سعته 0.1µF	C_3 , C_4
موحد سليكونى طراز DR - 50	D_1 , D_2

موحد زينر جهده 6V وقدرته 1W	D_3 , D_4
محول خفض 220/15V وتياره 1A	T_1

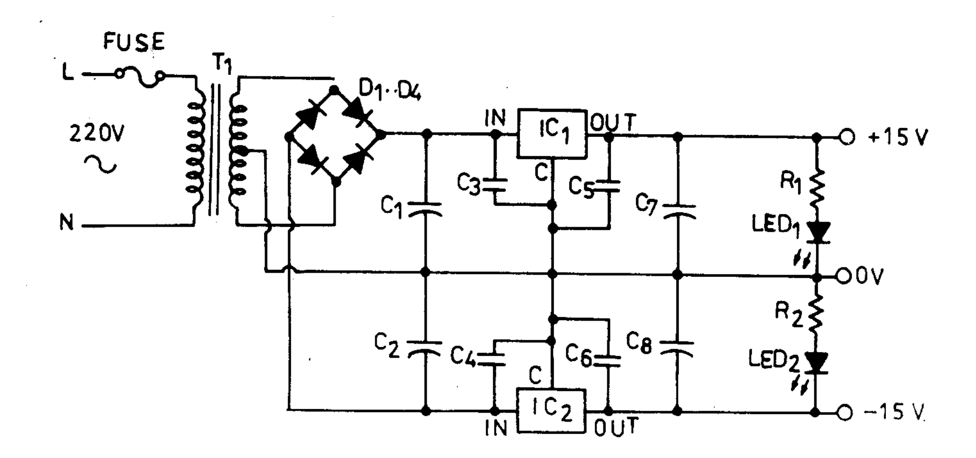
والشكل (١ – ٤٧) يعرض مصدر قدرة مزدوج ومنتظم لمكبرات العمليات القياسية يعطى الجهود الآتية V(15- ,0 ,15+) وتيار أقصى 1A .

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 1.2KΩ	R_1 , R_2
مكثفات كيميائية 4700µF/40V	C_1 , C_2
مكثفات سيراميك قرصية 100nF	C_3 , C_4 , C_5 , C_6
مكثفات كيميائية 10µF/40V	C_7 , C_8
موحدات سليكونية طراز 1N5401	D_1 , D_4
دائرة متكاملة لمنظم جهد ثلاثى طراز 7815	IC_1
دائرة متكاملة لمنظم جهد ثلاثى طراز 7915	IC_2
محول (18 - 0 - 220/18) وتياره 1A	T_2
مصهر (50mA) بالقاعدة	Fuse
موحد باعث للضوء قياسى 10mA	LED_1 , LED_2

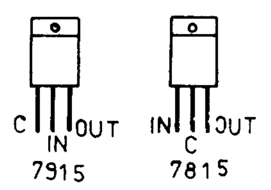
مبددات حرارة لتثبيت منظمات الجهد أبعادها

(1.5 x 1cm) من الألومنيوم وسمكها 2mm



الشكل (١ – ٤٧)

والشكل (١ – ٤٨) يعرض المسقط الرأسى لمنظم الجهد ذات الخرج الموجب والمساوى 15V+ طراز 7815، وكذلك المسقط الرأسى لمنظم الجهد ذات الخرج السالب والمساوى 15V- طراز 7915 .



الشكل (١ – ٤٨)

١ / ١١ - تشغيل مكبرات العمليات من مصدر قدرة أحادى

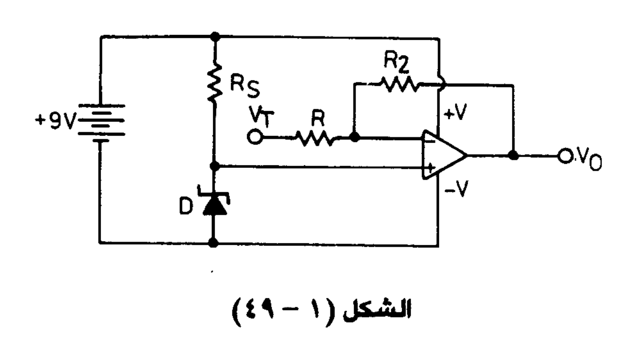
فى بعض التطبيقات يستخدم مصدر قدرة موجب أو سالب لتغذية مكبرات العمليات، والشكل (١ – ٤٩) يعرض طريقة توصيل مكبر عمليات من مصدر قدرة أحادى موجب باستخدام موحد زينر، ويجب أن يكون جهد موحد الزينر D مساوياً نصف جهد المصدر أى 4.5V فى هذه الحالة، ويجب أن يكون فقد الجهد فى

المقارمة Rs مساوياً نصف جهد المصدر أيضاً أى 4.5V أى أن :

$$Iz\,Rs = \frac{V_{DD}}{2} \quad \rightarrow 1.37$$

حيث إن :

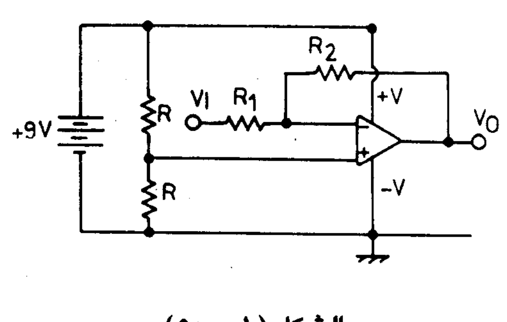
V_{DD} هو جهد المصدر الذى يساوى 9V فى هذه الحالة، أما Iz فهو تيار موحد الزينر، وبمعلومية تيار موحد الزينر Iz يمكن تعيين قيمة المقاومة Rs من المعادلة 1.37 .



الشكل (١ - ٤٩)

والشكل (١ - ٥٠) يعرض دائرة أخرى لتغذية مكبر العمليات من مصدر قدرة أحادى باستخدام مقاومتين متساويتين R يعملان كمنصف للجهد .

وعادة فإن قيمة المقاومة R تساوى ضعف مقاومة التغذية المرتدة، كما أنه يجب توصيل الطرف السالب لمكبر العمليات بالشاسيه.



الشكل (١ - ٥٠)

١ / ١٢ - اعتبارات خاصة عند تنفيذ دوائر مكبرات العمليات

بعد أن اكتسبنا بعض المعلومات العملية عن مكبرات العمليات جاء الدور لاستعراض بعض الملاحظات التى يجب مراعاتها عند التعامل مع مكبرات العمليات، خصوصاً وأنها ذات كسب كبير، وأن حجم الدوائر المتكاملة لمكبرات العمليات صغير، الأمر الذى يجعل أرجل الدخل والخرج قريبة من بعضها، وهذا يؤدى إلى حدوث تغذيات مرتدة غير مرغوبة تؤدى إلى إحداث تذبذب فى الخرج، ومن أجل تلافى هذه التذبذبات فى الخرج، **هناك بعض الملاحظات التى تراعى عند وضع العناصر المختلفة حول مكبر العمليات مثل:**

١ - يجب توصيل أطراف مكبر العمليات المتصلة بمصدر القدرة مع الأرضى بمكثفات لها قيم مناسبة، ويجب وضع هذه المكثفات قدر الإمكان بجوار أرجل مكبر العمليات وليس عند أطراف مصدر القدرة.

٢ - يجب أن تكون خطوط الدخل والخرج للمكبر أقصر ما يمكن مع استخدام أطراف مدرعة Shielded leads قدر الإمكان.

٣ - يجب استخدام نقطة أرضى واحدة بجوار مكبر العمليات، وذلك نتيجة لاحتمال تكون دوائر رنين فى حالة عدم جودة التأريض.

٤ - يجب استخدام قاعدة مناسبة لمكبر العمليات، ويجب تثبيت مكبر العمليات على قاعدته بعد الانتهاء من جميع التوصيلات اللازمة.

وهناك تحذيرات من الأتى:

١ - حدوث زيادة فى جهد مصدر القدرة أو حالات الانتقال العابر Transient.

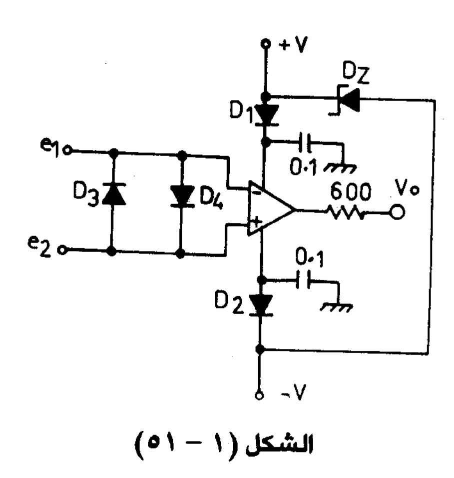
٢ - انعكاس أطراف مصدر القدرة.

٣ - زيادة جهد مرحلة الدخل.

٤ - زيادة الحمل على مرحلة الخرج.

والجدير بالذكر أن مكبرات العمليات المتطورة مثل 741 فإنها تكون مزودة داخلياً بجميع أنواع الحمايات اللازمة، أما بعض مكبرات العمليات مثل 709 فهى تحتاج

لأخذ الحمايات اللازمة فى الاعتبار، وسوف نستعرض باختصار جميع الحمايات اللازمة لمكبرات العمليات، والشكل (١ – ٥١) يعرض جميع الحمايات اللازمة لمكبرات العمليات.



الشكل (١ – ٥١)

فالموحدات D1 , D2 تحمى مكبر العمليات من انعكاس أطراف مصدر القدرة، فعند انعكاس أطراف مصدر القدرة يصبح D1 , D2 فى حالة قطع لأنهم سيكونا فى حالة انحياز عكسى.

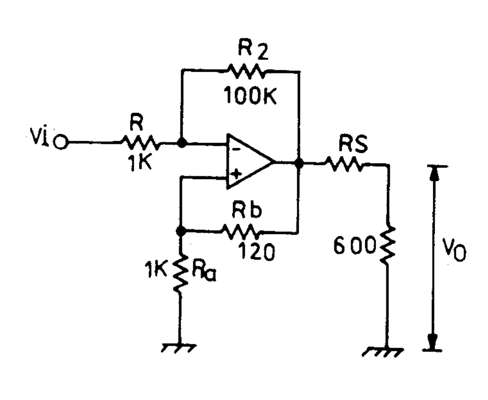
أما موحد الزينر فيعمل على حماية مكبر العمليات من ارتفاع الجهد الناتج عن الجهود العابرة، والناتجة عن مكثفات التعويض، ارجع للشكل (١ – ٤١)، وذلك لتفريغ شحنتها بعد فصل التيار الكهربى عن الدائرة.

ويجب اختيار موحد الزينر بحيث يتحول إلى ON فى حالات العبور Transient، الأمر الذى يساعد على منع تعدى جهد أطراف مصدر القدرة أقصى جهد تشغيل لمكبر العمليات.

وتوصل الموحدات D3 , D4 بالتوازى خلفاً لخلف، وذلك من أجل منع فرق الجهد بين إشارتى الدخل e1 , e2 يتعدى 0.6V، وهو جهد الانحياز الأمامى للموحد السليكونى.

وتوصل مقاومة مقدارها 600Ω على خرج مكبر العمليات لتحديد تيار الخرج للمكبر، ولكن نظراً لأن وضع مقاومة بهذه الطريقة يؤدى إلى زيادة استهلاك القدرة

الكهربية، لذلك ينصح بعمل تغذية مرتدة موجبة وسالبة لمكبر العمليات بالطريقة المبينة بالشكل (١ – ٥٢).



الشكل (١ – ٥٢)

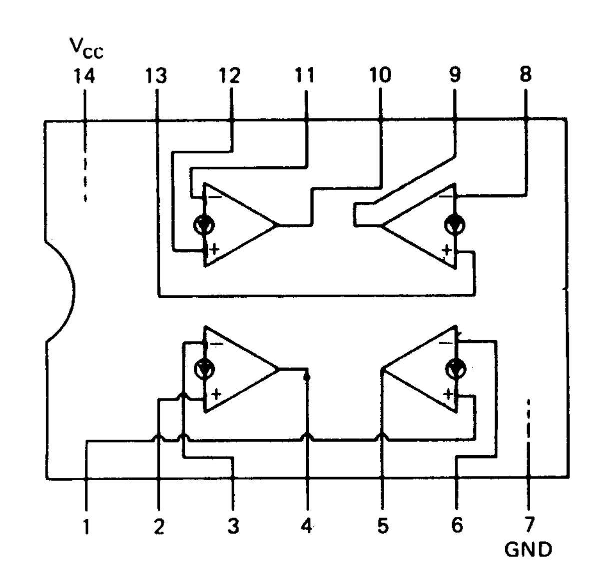
حيث إن :

مقاومة كربونية 1KΩ	R1 , Ra
مقاومة كربونية 100KΩ	R2
مقاومة كربونية 100Ω	Rs
مقاومة كربونية 120Ω	Rb

وذلك من أجل زيادة معاوقة الخرج وبالتالى يقل تدفق تيار الحمل.

١ / ١٣ – مكبرات التيار الفرقية Current Differencing Amplifier

من المعروف أن مكبرات العمليات القياسية تحتاج عادة إلى مصدر قدرة مزدوج وله جهد عالى مقارنة بجهد الدوائر الرقمية، وهذا فى الحقيقة يمثل كثيراً من المتاعب لتوفير هذا المصدر؛ لذلك قامت الشركات المصنعة بتوفير مكبرات عمليات تعمل من مصدر قدرة أحادى تسمى بمكبرات التيار الفرقية (CDA) وأحياناً يطلق عليها مكبرات نورتون Norton Amplifiers، وأشهر الدوائر المتكاملة لمكبرات نورتون هم LM2900 , LM3900 والمصنعة بشركة National، والشكل (١ – ٥٣) يعرض المسقط الأفقى لهاتين الدائرتين.



الشكل (١ – ٥٣)

وفيما يلى أهم المواصفات الفنية لهذه الدوائر :

مصدر القدرة (4 : 36V) أو (±2 : ±18V)

تيار الانحياز لكل مكبر 1.3mA

كسب الدائرة المفتوحة عندما تكون مقاومة الحمل 10KΩ يساوى 70dB

تردد كسب الوحدة يساوى 2.5MHZ

مقاومة الدخل تساوى 1MΩ

مقاومة الخرج تساوى 8MΩ

جهد الخرج يساوى جهد الدخل مطروح منه 1

تيار الدخل الانحيازى 30nA

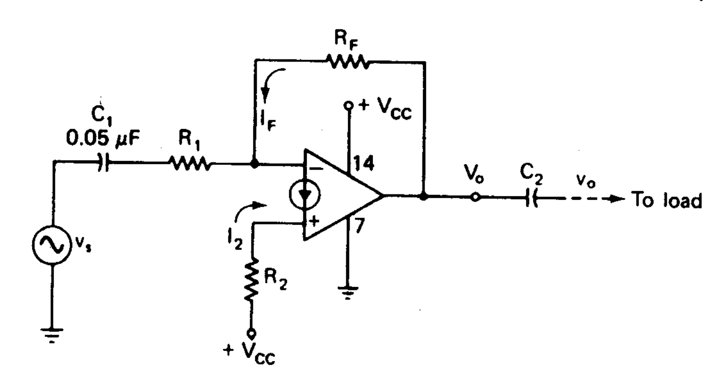
معدل الإمالة يساوى (0.5V/µS) .

والجدير بالذكر أن خواص هذه المكبرات لا تتغير إلا قليلاً عند تغيير جهد المصدر وتستخدم مكبرات نورتون فى تطبيقات كثيرة تماماً كمكبرات العمليات القياسية،

وسوف نتناول بعض هذه التطبيقات فى الفقرات القادمة .

١ / ١٣ / ١ - دائرة المكبر العاكس

الشكل (١ - ٥٤) يعرض دائرة مكبر عاكس باستخدام مكبر نورتون طراز LM3900 .



الشكل (١ - ٥٤)

وتستخدم هذه الدائرة كدائرة مكبر عاكس، ولكن لإشارات التيار المتردد فقط، وذلك لاستخدام المكثف C_1 لمنع التيار المستمر للذهاب للأرضى خلال المقاومة R_1 ومصدر جهد الإشارة V_S ويعين كسب جهد الدائرة من المعادلة 1.38 :

$$Av = \frac{Vo}{V_S} \simeq \frac{-R_F}{R_1} = \rightarrow 1.38$$

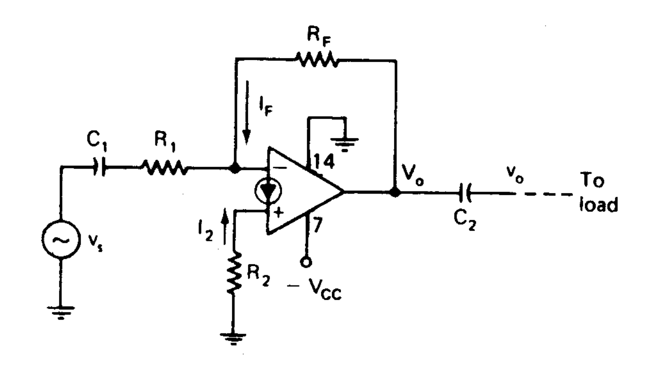
فإذا كان :

$R_1 = 100K\Omega \qquad , \qquad R_2 = 1M\Omega$

فإن كسب الدائرة سيساوى 10- .

وتختار R_2 مساوية $2R_F$ حتى يكون جهد الخرج المستمر مساوياً $\frac{+Vcc}{2}$

والشكل (١ - ٥٥) يوضح طريقة استخدام مكبر نورتون فى دائرة مكبر عاكس تغذى من مصدر قدرة أحادى سالب .

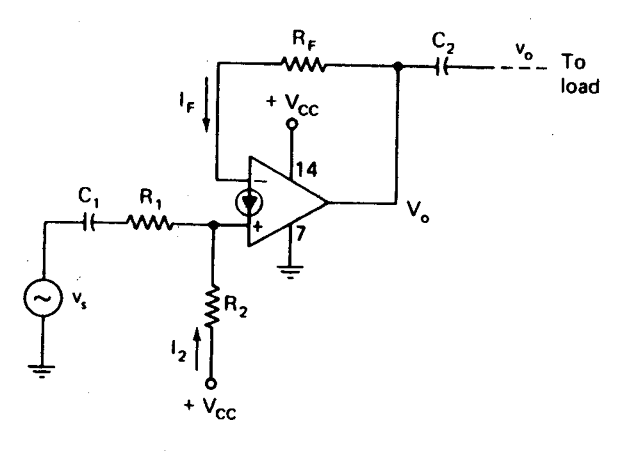


الشكل (١ – ٥٥)

ويعين معامل كسب الدائرة من المعادلة 1.38، ويكون جهد الخرج المستمر مساوياً $\frac{-V_{CC}}{2}$ إذا تحقق الشرط التالى ($R_2 = 2R_F$) .

١ / ١٣ / ٢ - دائرة المكبر غير العاكس

الشكل (١ – ٥٦) يعرض دائرة مكبر غير عاكس باستخدام مكبر نورتون ويستخدم هذا المكبر كمكبر غير عاكس لإشارات التيار المتردد فقط، وفى هذه الدائرة يتم تغذية المكبر من مصدر قدرة أحادى موجب.



الشكل (١ – ٥٦)

ويعين كسب الدائرة من المعادلة 1.39 :

$$Av = \frac{V_O}{V_S} = \frac{R_F}{R_1} = \rightarrow 1.39$$

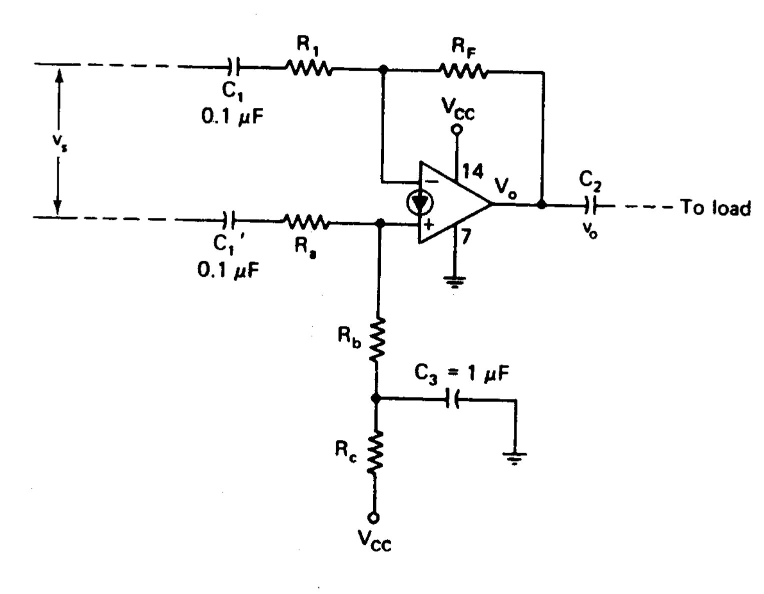
ولكـــى يكـــون جهـــد الخـــرج المســـتمر مساويـــاً تقريبـــاً نصـــف جهـــد المصدر ($V_O = \frac{V_{CC}}{2}$) يجب أن يتوفر الشرط التالى ($R_2 = 2R_F$) .

١ / ١٣ / ٣ - دائرة المكبر الفرقى

الشكل (١ - ٥٧) يعرض دائرة مكبر فرقى باستخدام مكبر نورتون يتم تغذيته من مصدر قدرة أحادى موجب .

ويعين كسب الدائرة من المعادلة 1.40 :

$$Av = \frac{V_O}{V_S} \cong \frac{-R_F}{R_1} = \rightarrow 1.40$$



الشكل (١ - ٥٧)

ولكى يكون جهد الخرج المستمر مساوياً ($Vo = \frac{Vcc}{2}$) يجب أن يتحقق الشرط التالى $(Rb + RC = 2RF)$.

ومن أجل الوصول إلي أداء جيد للمكبر يجب أن يتحقق الشرط التالى ($\frac{R_b}{Ra} = \frac{R_F}{R_1}$) .

١ / ١٣ / ٤ - دوائر المقارنات

الشكل (١ - ٥٨) يعرض دائرتين للمقارنات باستخدام مكبر نورتون .

الشكل (١ - ٥٨)

ففى الشكل أ يكون جهد الخرج Vo مساوياً صفراً عندما يكون Vs < Vref، ويكون جهد الخرج Vo مساوياً Vcc عندما يكون Vs > Vref وفى هذه الحالة يسمى المقارن بمقارن غير عاكس لدخول جهد الدخل Vs على المدخل غير العاكس (+).

وفى الشكل (ب) يكون جهد الخرج Vo مساوياً صفراً، عندما يكون Vs > Vref ، ويكون جهد الخرج Vo مساوياً Vcc؛ عندما يكون Vref < Vref، ويسمى المقارن فى هذه الحالة بمقارن عاكس لدخول جهد الدخل Vs على المدخل العاكس (-)؛ علماً بأن Vref تعنى جهد الأساس .

١ / ١٤ - دوائر مقارنات الجهد المتكاملة

قامت بعض الشركات المصنعة بتصنيع بعض الدوائر المتكاملة التى تعمل

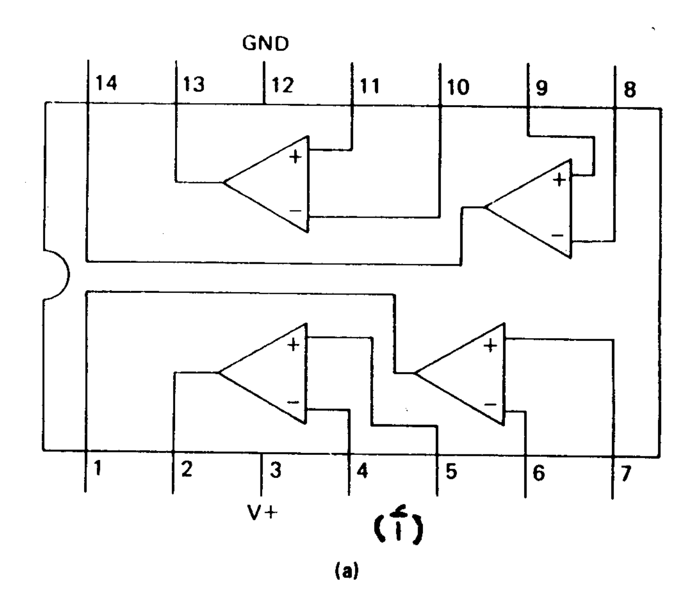
كمقارنات جهد، والشكل (١ – ٥٩) يعرض المسقط الأفقى لعدة أنواع من هذه الدوائر المتكاملة، فالشكل (أ) للدوائر المتكاملة التالية :

LM339A , LM239A , LM139A , LM 2901

والمصنعة بشركة National وكذلك شركة Signetics .

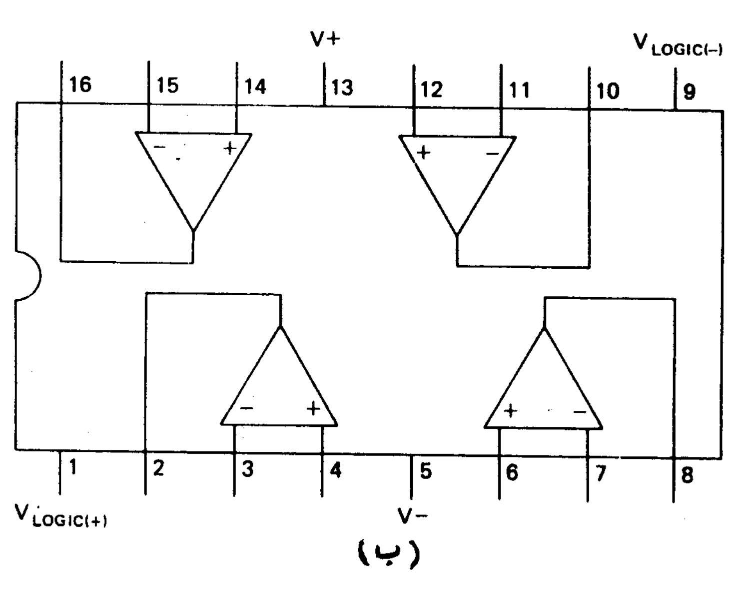
والشكل (ب) للدوائر المتكاملة التالية HA4905 , HA4900 والمصنعة بشركة Harris .

والجدير بالذكر أن جميع الدوائر المتكاملة للمقارنات تكون بمجمع مفتوح؛ لذلك فهى تحتاج لمقاومة جذب Pull up Resistor، ولمزيد من المعلومات عن طريقة استخدام دوائر مقارنات الجهد المتكاملة إرجع للباب الثالث الدائرة رقم ٦ .



(أ)

(a)



(ب)

الشكل (١ – ٥٩)

الباب الثانى

العناصر الكهربية والالكترونية المستخدمة فى المشاريع الالكترونية

العناصر الكهربية والالكترونية المستخدمة

فى المشاريع الالكترونية

٢ / ١ - المقاومات Resistors

تعتبر المقاومات الكهربية من أهم العناصر الكهربية المستخدمة فى الدوائر الالكترونية وتصنع من مواد مختلفة؛ علماً بأن نوع المقاومة يحدد الخواص الفنية للمقاومات، **وتنقسم المقاومات بصفة عامة إلى نوعين أساسين وهما :**

١- مقاومات خطية. ٢- مقاومات غير خطية.

٢ / ١ / ١- المقاومات الخطية Linear Resistors

وهذه المقاومات تخضع لقانون أوم والذى يعرف بالمعادلة التالية:

$$V = IR \rightarrow 2.1$$

حيث إن :

فرق الجهد على طرفى المقاومة V بوحدة الفولت (V) ويساوى حاصل ضرب التيار المار فى المقاومة بوحدة الأمبير (A) مع قيمة المقاومة R بالأوم.

ويمكن تقسيم المقاومات الخطية إلى :

أ - مقاومات بنقط تفرع Tapped Resistors وهذه المقاومات تتيح فرص الحصول على مقاومات مختلفة عند نقاط تفرعها.

ب- الريوستات Rheostat وهى مقاومة متغيرة بطرفين حيث تتغير قيمة المقاومة بين طرفيها بتغيير وضع ذراع ضبطها.

جـ - مجزىء الجهد Potentiometer ويكون له ثلاثة أطراف وهم: 1,2,3 بحيث أن المقاومة بين الطرفين 1,3 تمثل المقاومة الكلية للمجزىء وهى ثابتة لا تتغير بتغيير وضع ذراع ضبط المجزىء وتساوى مجموع المقاومة بين الطرفين 1,2 والمقاومة بين الطرفين 1,3 وهما مقاومتين متغيرتين تبعاً لتغير وضع ذراع ضبط المجزىء.

د- المقاومات الثابتة القيمة وتوجد عدة طرق لتشفير قيمة المقاومة الثابتة سنذكر طريقتين منها وهما كما يلى:

* طريقة التشفيير الحرفية (الطريقة الإنجليزية) حيث تستخدم الأحرف التالية كمضاعفاً

$M = 10^6$ $K= 10^3$ $R=1$

وتستخدم الأحرف التالية لبيان التفاوت:

$F= \pm 1\%$ $G= \pm 2\%$ $J= \pm 5\%$ $K= \pm 10\%$ $M= \pm 20\%$

أمثلة:

المقاومة 100RK تعنى مقاومة ($100\Omega \pm 10\%$)

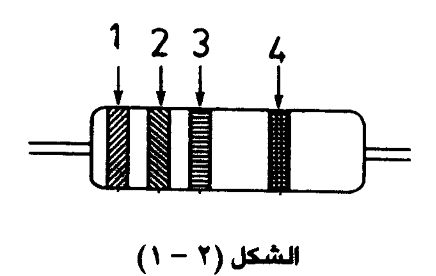
المقاومة 10K2G تعنى مقاومة ($10.2K\Omega \pm 2\%$)

* طريقة التشفير بالألوان وتستخدم هذه الطريقة مع المقاومات الكربونية الصغيرة والتى تتراوح قدرتها ما بين (0.25W:2W) ؛ علماً بأن حجم المقاومة يعطى بيان بقدرتها كما هو مبين بالجدول (٢ - ١).

الجدول (٢ - ١)

القطر mm	الطول (mm)	القدرة (W)
2.3	6.5	0.25
3.2	9.5	0.5
4.5	12	1
5	16	2

ويرسم على هذه المقاومات أربع أو خمس حلقات ملونة قريبة من أحد جانبيها وترقم هذه الحلقات الملونة من اليسار (الجهة القريبة من الحلقات) إلى اليمين كما هو موضح بالشكل (٢ - ١).



الشكل (٢ – ١)

والجدول (٢ – ٢) يعطى مدلول الحلقات الملونة فى المقاومات ذات الحلقات الأربعة والمقاومات ذات الحلقات الخمسة.

الجدول (٢ – ٢)

رقم الحلقة الملونة	مدلول الحلقات الملونة	
	المقاومات ذات الحلقات الأربعة	المقاومات ذات الحلقات الخمسة
الحلقة الأولى	الرقم الأول	الرقم الأول
الحلقة الثانية	الرقم الثانى	الرقم الثانى
الحلقة الثالثة	المضاعف أو الجزء	الرقم الثالث
الحلقة الرابعة	التفاوت	المضاعف أو الجزء
الحلقة الخامسة	—	التفاوت

والجدول (٢ – ٣) يعطى مدلول الألوان المختلفة للحلقات الملونة للمقاومات.

الجدول (٢ – ٣)

اللـــــون	أسود	بنى	احمر	برتقالى	اصفر	اخضر	ازرق	بنفسجى	رمادى	ابيض	ذهبى	فضى	بدون لون
الرقـــم	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	-	-	-
المضاعف أو الجزء	1	10	10^2	10^3	10^4	10^5	10^6	10^7	10^8	10^9	0.1	0.01	
التفاوت كنسبة مئوية		± 1	± 2								± 5	± 10	± 15

فمثلاً إذا كان ألوان الحلقات الأربعة لمقاومة كربونية:

الحلقة الأولى بنى ويكافىء 1

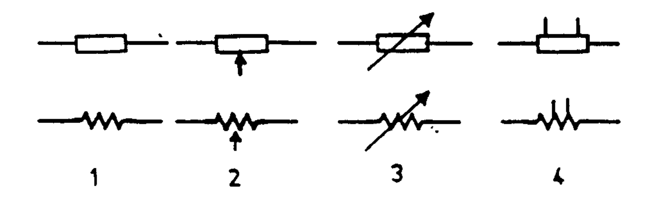
الحلقة الثانية أسود ويكافىء 0

الحلقة الثالثة أزرق ويكافىء 10^6

الحلقة الرابعة ذهبى ويكافىء $\pm 5\%$

فإن قيمة هذه المقاومة $(10 \times 10^6 \pm 5\%)$ أى $(10M\Omega \pm 5\%)$.

وفيما يلى الرموز الكهربية للمقاومات الخطية حيث إن الرمز (1) لمقاومة ثابتة والرمز (2) لمجزىء جهد والرمز (3) لريوستات والرمز (4) لمقاومة بنقطتين تفرع.



٢ / ١ / ٢ - المقاومات غير الخطية

وهى مقاومات لا تخضع لقانون أوم؛ لأن قيمتها تتغير تبعاً لمؤثرات خارجية مثل:

أ - المقاومة الحرارية Thermistor وهناك نوعان من المقاومات الحرارية وهما:

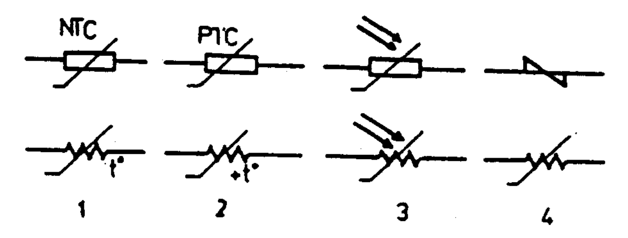
- المقاومة الحرارية PTC وهى مقاومة تزداد قيمتها بزيادة درجة حرارتها.

- المقاومة الحرارية NTC وهى مقاومة تقل قيمتها بزيادة درجة حرارتها.

ب - المقاومة الضوئية (الحساسة للضوء) LDR وتقل مقاومتها عند تعرضها للضوء من عدة ميجا أوم فى الظلام إلى عدة مئات من الأوم فى ضوء النهار.

جـ - مقاومة معتمدة على الجهد VDR وتقل قيمتها بزيادة الجهد المسلط عليها، **وفيما يلى رموز هذه المقاومات فالرمز 1 لمقاومة حرارية ذات معامل حرارى سالب**

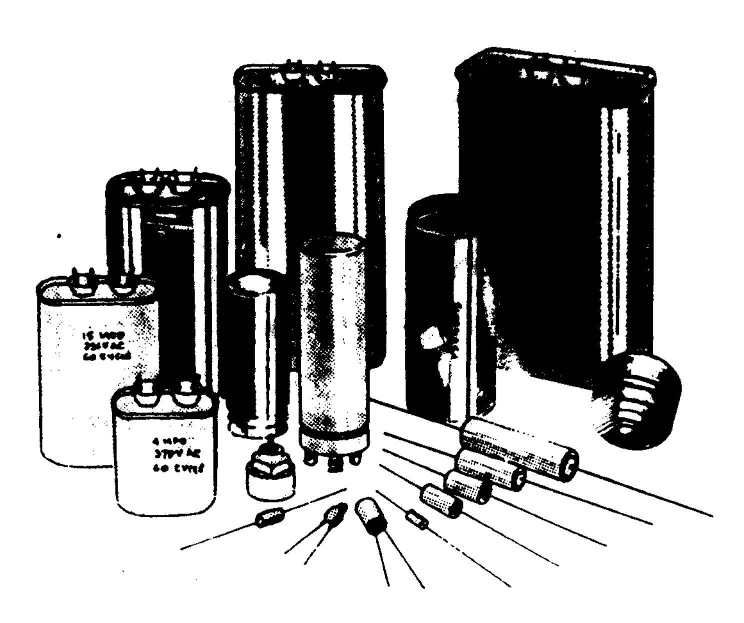
NTC . والرمز 2 لمقاومة حرارية ذات معامل حرارى موجب PTC . والرمز 3 لمقاومة ضوئية LDR . والرمز 4 لمقاومة معتمدة على الجهد VDR .



٢ / ٢ - المكثفات الكهربية Capacitors

يقوم المكثف بتخزين الشحنة الكهربية أثناء تعرضه لفرق جهد بين طرفيه وتتوقف عملية الشحن عندما يتساوى الجهد المتشكل على أطراف المكثف مع جهد المصدر ويقوم المكثف بتفريغ شحنته عند انخفاض جهد المصدر عن فرق الجهد بين طرفى المكثف أو انعدامه . ويسمى المكثف عادة تبعاً لنوع العازل المستخدم فيه مثل الورق والميكا والسيراميك والمحاليل الكيميائية . . إلخ .

والشكل (٢ - ٢) يعرض نماذج مختلفة للمكثفات .



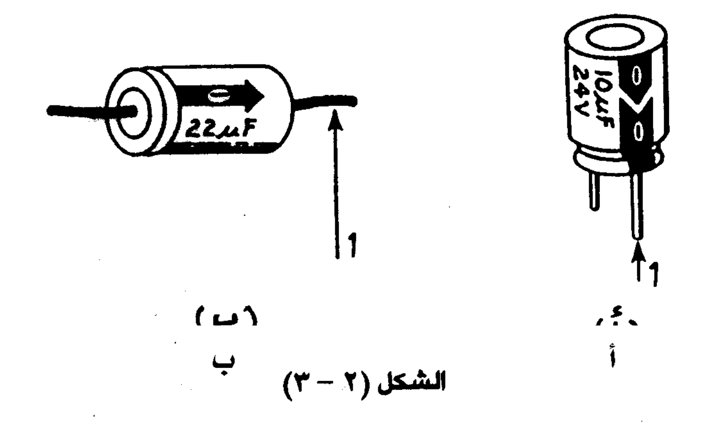
الشكل (٢ - ٢)

وتوجد عدة طرق لتشفير المعلومات الفنية للمكثفات تختلف باختلاف نوع المكثف سنذكر أربعة منها وهم كما يلى:

١ - **طريقة العرض المباشر**: حيث تكتب المعلومات الفنية على الغلاف المعدنى للمكثف الكيميائى فتكتب سعة المكثف بالميكروفاراد μF وجهد التشغيل بالفولت، وكذلك توضع قطبية أحد طرفى المكثف سواء الطرف الموجب + أو الطرف السالب – ، وهذا موضح بالشكل (٢ – ٣) حيث توضع إشارة حمراء عند القطب الموجب وسوداء أو زرقاء عند القطب السالب.

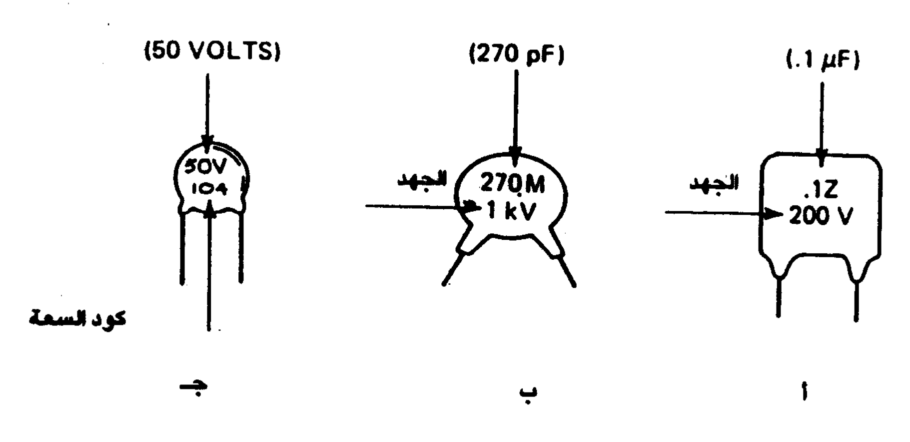
حيث إن:

الرجل (1) تمثل القطب السالب سواء فى المكثف ذات الأرجل النصف قطرية (أ) أو فى المكثف ذات الأرجل المحورية (ب).



الشكل (٢ – ٣)

٢ - **طريقة التشفير الحرفية**: وتستخدم هذه الطريقة مع المكثفات الصغيرة التى تكون على شكل قرص Disc حيث يكتب عليها السعة وجهد التشغيل بأكواد مبسطة كما بالشكل (٢ – ٤أ) ، (٢ – ٤ب).



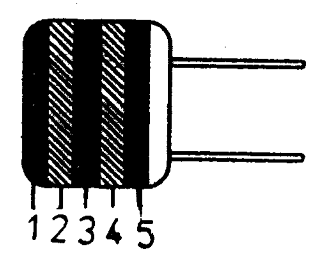
الشكل (٢ - ٤)

فالسعات تكتب بأكواد حرفية فالحرف z يعنى ميكروفاراد µf والحرف M يعنى بيكوفاراد PF .

فالشكل (أ) به مكثف سعته 1Z . أى 0.1µf وبالشكل (ب) مكثف سعته 27OM أى سعته 270PF .

٣ - **طريقة التشفير العددية**: وتستخدم فيها ثلاثة أعداد حيث يمثل العدد الثالث أعداد الأصفار بعد العددين الأول والثانى كما بالشكل (٢ - ٤) جـ فالسعة يعبر عنها بالشفرة 104 أى 100000PF أما الجهد فيكتب مباشرة على المكثف .

٤ - **طريقة التشفير بالألوان**: حيث ترسم عدة شرائط ملونة على غلاف المكثف كما بالشكل (٢ - ٥) .



الشكل (٢ - ٥)

وتستخدم هذه الطريقة مع المكثفات البولى استير الراتنجية Resin Dipped Polyester Capacitor ، والجدول (٢ – ٤) يبين مدلول الألوان المختلفة للشرائط المختلفة .

الجدول (٢ - ٤)

اللـــــــون	أسود	بنى	أحمر	برتقالى	أصفر	أخضر	أزرق	بنفسجى	رمادى	أبيض
الشريط الأول والثانى (الرقم المقابل)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
الشريط الثالث (المضاعف)				10^{3}	10^{4}	10^{5}				
الشريط الرابع التفاوت	± 20%									± 10%
الشريط الخامس الجهد المستمر			250V		400V					

مثـــال :

إذا كان لون الشريط الأول بنى ويكافىء 1

الشريط الثانى أسود ويكافىء 0

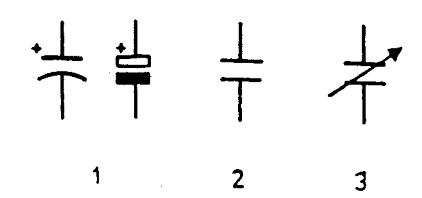
الشريط الثالث برتقالى ويكافىء 10^3

الشريط الرابع أسود ويكافىء ±20%

الشريط الخامس أحمر ويكافىء 250VDC

أى أن سعة المكثف تصبح مساوية $10X10^3=10^4PF$ مع تفاوت مقداره ±20% وجهد تشغيل مستمر 250VDC .

وفيما يلى رموز المكثفات فالرمز 1 لمكثف كيميائى والرمز 2 لمكثف عادى والرمز 3 لمكثف متغير السعة:



٢ / ٣- المصهرات Fuses

عادة يتم حماية الدوائر الرقمية من الزيادة المفرطة للتيار الكهربى عند حدوث قصر بالدائرة (أى تلامس الطرف الموجب + مع الطرف السالب - أو مع أرضى الدائرة) وذلك باستخدام المصهرات.

وعادة تكون المصهرات المستخدمة فى حماية الدوائر الإلكترونية على شكل أنبوبة مصنوعة من الزجاج أو السيراميك له قاعدتان معدنيتان متصلتان معاً من الداخل بسلك رفيع من النحاس أو الرصاص، وهذا السلك مصمم لكى ينقطع عند زيادة قيمة التيار المار بالمصهر عن الحد المقنن للمصهر بقيمة كبيرة وهناك أنواع مختلفة من المصهرات حسب سرعة فصلها، **وفيما يلى الأنواع المختلفة للمصهرات تبعاً لسرعة الفصل:**

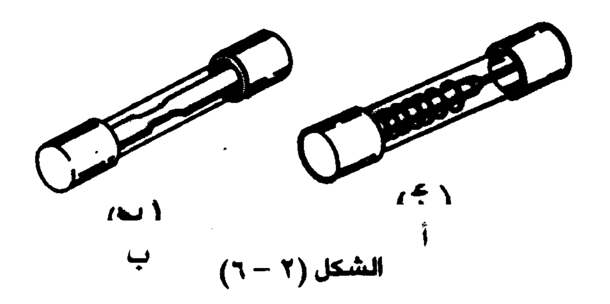
١- مصهرات سريعة الفصل بدرجة كبيرة (FF)، وتستخدم لحماية العناصر الإلكترونية المصنوعة من أشباه الموصلات.

٢- مصهرات سريعة الفصل (F).

٣- مصهرات تتحمل قفزات التيار المفاجئة (T)وهى تتحمل تيار يساوى 10 مرات من التيار المقنن لها بدون أن تنهار، وذلك خلال فترة زمنية تساوى 20mS وتستخدم لحماية المحولات.

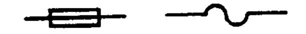
والشكل (٢ - ٦) يعرض نموذجاً لمصهر نوع T(الشكل أ) وآخر لمصهر سريع

الفصل (الشكل ب).



الشكل (٢ - ٦)

وفيما يلى الرموز المختلفة للمصهرات :

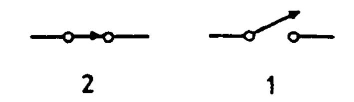


٢ / ٤ - المفاتيح اليدوية والضواغط

تعد المفاتيح اليدوية هو وسيلة الوصل والفصل اليدوية فى الدوائر الإلكترونية، **ويوجد عدة أنواع من المفاتيح تبعاً لوظيفتها مثل :**

١ - مفتاح قطب واحد سكة واحدة (SPST) : وهذا المفتاح يحتوى على ريشة واحدة إما مغلقة أو مفتوحة.

وفيما يلى رمز مفتاح SPST بريشة مفتوحة NO (الرمز 1) وبريشة مغلقة NC (الرمز 2).



٢- مفتاح قطبين سكة واحدة (DPST) : وهذا المفتاح يحتوى على ريشتين مفتوحتين 2NO أو مغلقتين 2NC أو أحدهما مفتوحة والأخرى مغلقة NO+NC ، وفيما يلى الرموز المختلفة لمفتاح قطبين سكة واحدة (DPST) .

1 2 3

٣- مفتاح قطب واحد سكتين (SPDT) : وهذا المفتاح له ريشة قلاب CO ويكون للمفتاح ثلاثة أطراف أحدهما مشترك والثانى مفتوح والثالث مغلق وفيما يلى رمز هذا المفتاح.

S

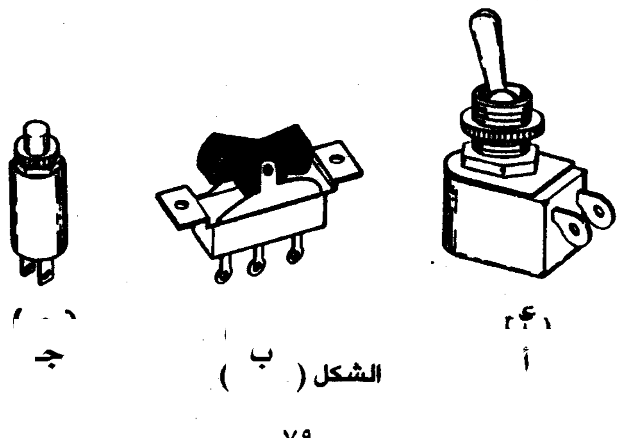
وتتواجد هذه المفاتيح المختلفة فى عدة صور تبعاً لطريقة تشغيلها :

أ - مفتاح بذراع يدوى Toggle Switch .

ب - مفتاح قلاب Rocker Switch .

جـ - مفتاح انضغاطى Push Button Switch .

والشكل (٢ - ٧) يعرض صوراً توضيحية لهذه الأنواع مرتبة من اليمين لليسار .



جـ ب أ

الشكل (٢ - ٧)

والجدير بالذكر أن هناك فرق جوهرى بين الضاغط والمفتاح الانضغاطى فالأول تتغير حالة ريشه؛ أى الريشة المغلقة تصبح مفتوحة والمفتوحة تصبح مغلقة أثناء الضغط عليه فقط أما المفتاح الانضغاطى فتتغير حالة ريشة عند الضغط عليه، ويظل كذلك إلى أن يتم الضغط عليه مرة أخرى فتعود الريش لحالتها الطبيعية. وفيما يلى رمز ضاغط بريشة مغلقة NC (الرمز 1) ورمز ضاغط بريشة مفتوحة NO (الرمز 2).

PB	PB
1	2

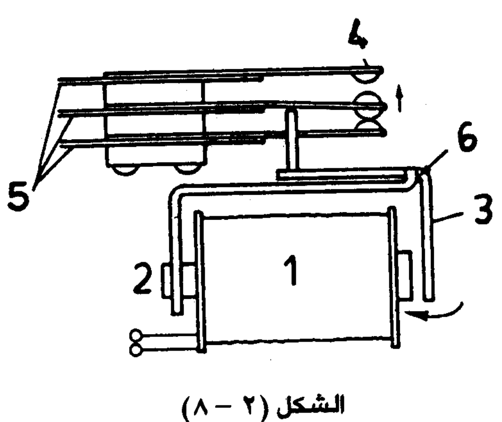
٢ / ٥ - ريليهات التحكم

الريلاى هو وسيلة كهرومغناطيسية لوصل وفصل التيار الكهربى عن الأحمال الكهربية والشكل (٢ - ٨) يعرض التركيب الداخلى لأحد الريليهات الكهرومغناطيسية.

حيث إن:

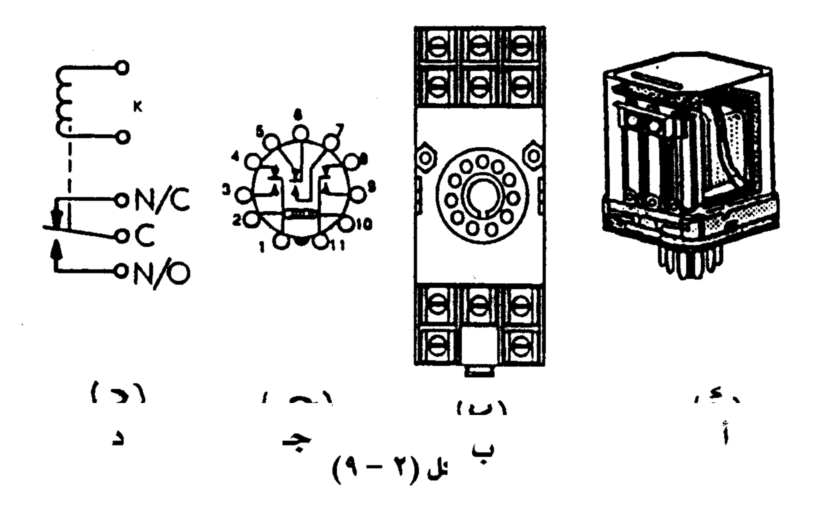
ملف كهربى	1	حافظة	3	ريش تلامس	5
قلب مغناطيسى	2	نقاط أبلاتين	4	سقاطة	6

فعند وصول التيار الكهربى لملف الريلاى يتكون مجال مغناطيسى قادر على جذب القلب المغناطيسى فتقوم الحافظة بتغيير وضع ريش التلامس للريلاى فتصبح الريشة المفتوحة مغلقة والعكس بالعكس. ولكن بمجرد انقطاع التيار الكهربى عن ملف الريلاى تعود ريش الريلاى لوضعها



الشكل (٢ - ٨)

الطبيعى وهناك نوعان من الريليهات الأول يثبت على اللوحات المطبوعة والثانى يثبت على قاعدة تثبيت والشكل (١ – ٩) يعرض ريلاى يثبت على قاعدة تثبيت (الشكل أ) وقاعدة التثبيت(الشكل ب) ومخطط التوصيل (الشكل جـ) ورمز الريلاى (الشكل د) .

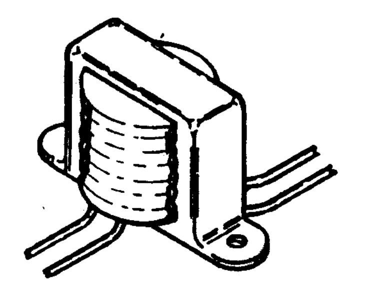


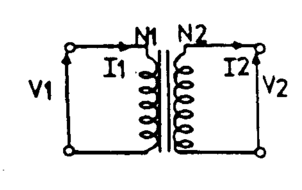
شكل (٢ – ٩)

٢ / ٦ - المحولات Transformers

المحولات هى أجهزة تقوم بخفض أو رفع الجهد المتردد وتستخدم فى بناء مصادر التيار المستمر حيث تعمل على خفض الجهد المتردد من 220V أو 120V إلى (24V أو 12V أو 5V) .

ويتكون المحول فى العادة من ملفين أحدهما يسمى بالملف الابتدائى والثانى يسمى بالملف الثانوى والشكل (٢ – ١٠) يعرض نموذجاً لأحد المحولات والدائرة المكافئة للمحول .





الشكل (٢ - ١٠)

والمعادلة التالية تسمى بمعادلة المحول

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2} \quad \rightarrow 2.2$$

وعادة يختار المحول تبعاً للجهود المطلوبة فى الابتدائى والثانوى وكذلك تبعاً لسعة المحول (VA) والتى نحصل عليها من المعادلة التالية

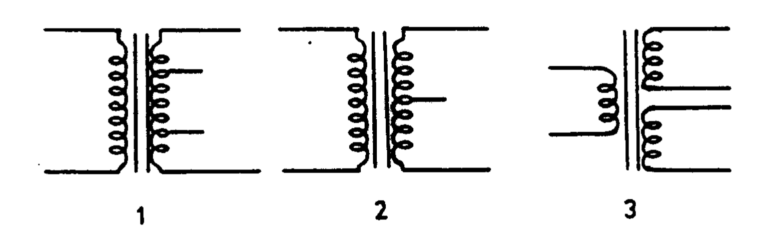
$$VA = V_1I_1 = V_2I_2 \rightarrow 2.3$$

حيث إن:

جهد الملف الابتدائى V_1 تيار المف الابتدائى I_1 عدد لفات الملف الابتدائى V_1

جهد الملف الثانوى V_2 تيار المف الثانوى I_2 عدد لفات الملف الثانوى N_2

وبعض المحولات تحتوى على أكثر من ملف ثانوى للحصول على أكثر من جهد فى الجانب الثانوى والآخر يحتوى على ملف ثانوى بنقطة منتصف أو أكثر، وفيما يلى رموز بعض أنواع من المحولات فالرمز 1 لمحول بعدة نقاط تفرع والرمز 2 لمحول بملف ثانوى بنقطة منتصف (نقطة تفرع)، والرمز 3 لمحول بملفين ثانويين.

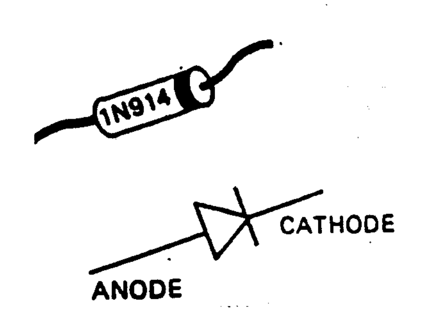


٢ / ٧ - الموحدات Diodes

يتكون الموحد من وصلة ثنائية P-N مصنوعة من أشباه الموصلات مثل السليكون (SI) أو الجرمانيوم (Ge) ويتواجد الموحد فى الأسواق على شكل أسطوانة مرسوم عليها شريط ملون على أحد جانبيها للدلالة على مكان المادة السالبة N والتى تمثل المهبط Cathode أما الجانب الآخر فيمثل المادة الموجبة P والتى تمثل المصعد Anode والشكل (٢ - ١١) يعرض نموذجاً لثنائى صغير طراز 1N914 ورمزه.

ويعتبر الموحد فى الوضع الطبيعى كمفتاح مفتوح وبمجرد تعريضه لانحياز أمامى Forward bias أى إرتفاع جهد المصعد A عن جهد المهبط K بمقدار 0.7V فى حالة الموحد السليكونى يصبح كمفتاح مغلق ويكون اتجاه مرور التيار الكهربى من المصعد للمهبط ويقال إن الموحد فى حالة وصل ON . أما عند تعريض الموحد لانحياز عكسى Reverse bias أى تعريض المهبط K لجهد موجب بالنسبة لجهد المصعد A يمر تيار صغير جداً يسمى بتيار التسرب ويعمل الموحد كمفتاح مفتوح ويقال إن الموحد فى حالة قطع OFF .

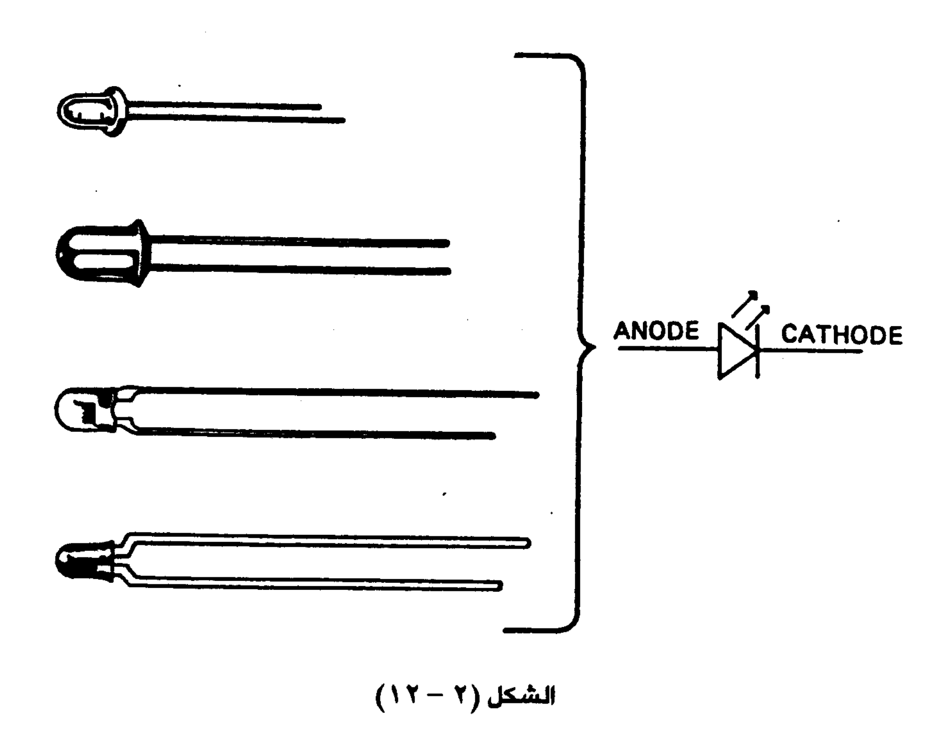
والجدير بالذكر أن موحد السليكون يوصل عند جهد أمامى 0.7V؛ بينما يوصل موحد الجرمانيوم عند جهد أمامى 0.3V؛ لذلك يقال إن فقد الجهد فى موحد السليكون عندما يكون منحازاً أمامياً مساوياً 0.7V تقريباً فى حين أن فقد الجهد فى موحد الجرمانيوم عندما يكون منحازا أمامياً يساوى 0.3V تقريباً.



الشكل (٢ - ١١)

٢ / ٨ - الموحد الباعث للضوء LED

يشبه الموحد الباعث للضوء LED لحد كبير اللمبات الصغيرة، ويتواجد بألوان مختلفة وهو يستخدم كلمبة إشارة، والشكل (٢ - ١٢) يعرض رمز وأشكال مختلفة لموحدات باعثة للضوء.



الشكل (٢ - ١٢)

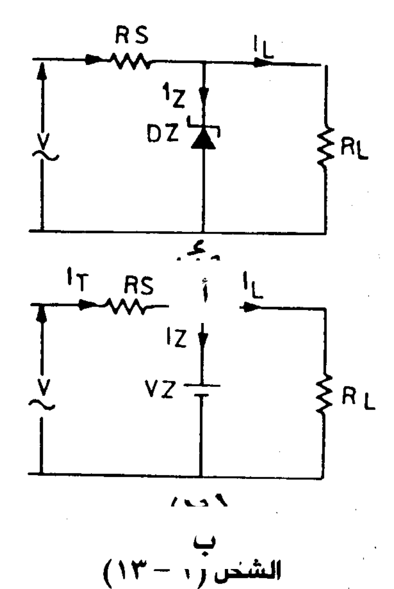
فعادة لا ينبعث ضوء من LED إلا عندما يكون منحاز أمامياً بجهد أكبر من 2V، أما عندما يكون LED منحازاً عكسياً فإنه لا يمرر تيار، وبالتالى لا يضىء. ويوجد ألوان مختلفة من الموحدات الباعثة للضوء مثل الأحمر والأصفر والبرتقالى والأخضر والأزرق، وتعتمد شدة إضاءةLED على شدة التيار المار والذى يتراوح ما بين (5:25mA) . وعادة توصل مقاومة على التوالى مع LED لتحديد شدة التيار المار. والجدول (٢-٥) يبين قيم المقاومة التى توصل مع LED بالتوالى عند جهود مختلفة؛ علماً بأنه يوجد ثلاثة أنواع من الموحدات الباعثة للضوء الأول منخفض القدرة وتيارها (5mA)والثانى قياسى وتياره (10mA) والثالث عالى القدرة وتيارها (20mA).

الجدول (٢ - ٥)

موحد باعث للضوء عالى القدرة	موحد باعث للضوء قياسى	موحد باعث للضوء منخفض القدرة	جهد الامداد (V)
56Ω	180Ω	220Ω	3
150Ω	270Ω	680Ω	5
220Ω	390Ω	820Ω	6
390Ω	680Ω	1.5KΩ	9
560Ω	1KΩ	2.2KΩ	12
680Ω	1.2KΩ	2.7KΩ	15
820Ω	1.5KΩ	3.3KΩ	18
1.2kΩ	2.2KΩ	4.7KΩ	24

٢ / ٩ - موحد الزينر Zener Diode

إن موحد الزينر هو موحد سليكونى له خواص تسمح بإمرار جهد ثابت القيمة فى الإنحياز العكسى وهو يشبه فى الشكل الموحد القياسى . فعندما يتعرض موحد الزينر لانحياز أمامى Forward bias يعمل كموحد عادى، ويتحول لحالة الوصل ON ويمر التيار الكهربى ويكون فرق الجهد بين طرفيه مساوياً (0.6:0.7V) تقريباً . وعند تعريض موحد الزينر لانحياز عكسى Reverse bias فإن موحد الزينر يكون فى حالة قطع فى بادئ الأمر، وبمجرد زيادة الجهد عن جهد الانهيار للموحد يتحول لحالة الوصل ويمر تيار كبير فيه ويكون فرق الجهد على طرفى موحد الزينر مساوياً جهد



الشكل (٢ - ١٣)

الزينر. ويستخدم موحد الزينر لتنظيم الجهد والشكل (٢ – ١٣) يبين دائرة تستخدم موحد زينر لتنظيم الجهد على أطراف المقاومة RL بحيث لا يزيد الجهد على أطرافها عن Vz (جهد الزينر) (الشكل أ)، أما الشكل (ب) فيعرض الدائرة المكافئة وذلك باستبدال موحد الزينر ببطارية جهدها يكافيء Vz .

والجدير بالذكر أن المقاومة Rs تستخدم لمنع تعدى التيار المار فى موحد الزينر Iz الحد المسموح به والذى يعين من العلاقة .

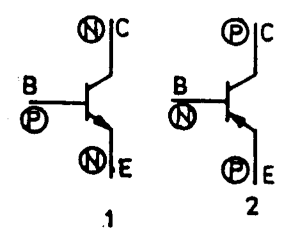
$$Pz = Iz\ Vz \rightarrow 2.4$$

حيث إن :

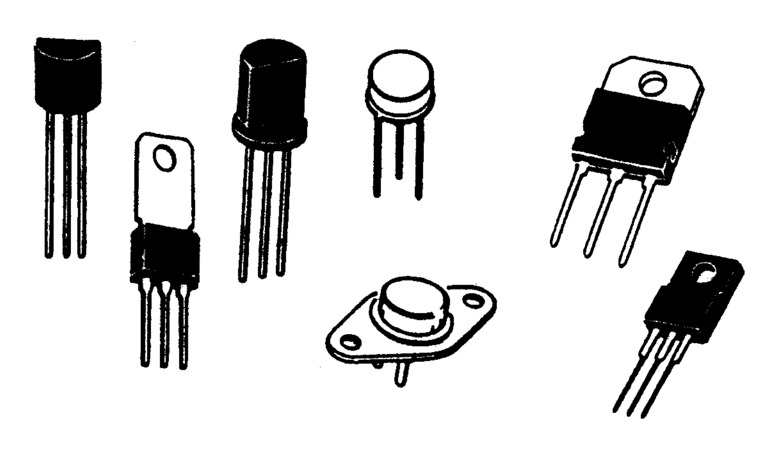
قدرة موحد الزينر والمدونة فى مواصفاته الفنية .	Pz
أقصى تيار يسمح له بالمرور فى موحد الزينر.	Iz
جهد الزينر.	Vz

٢ / ١٠ – الترانزستور الثنائى القطبية BJT

للترانزستور الثنائى القطبية ثلاثة أرجل وهى القاعدة Base والباعث Emitter والمجمع Collector، ويصنع الترانزستور من ثلاث طبقات من أشباه الموصلات وهذه الطبقات بعضها سالب N والآخر موجب P وتقسم الترانزستورات حسب قطبية هذه الطبقات إلى ترانزستورات NPN وترانزستورات PNP، وفيما يلى رموز هذه الترانزستورات فالرمز 1 لترانزستور NPN والرمز 2 لترانزستور PNP .



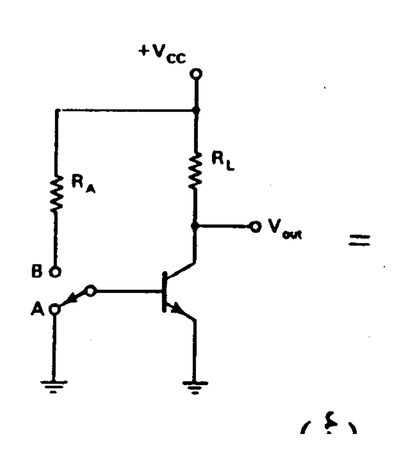
والشكل (٢ – ١٤) يعرض نماذج مختلفة للترانزستورات سواء كانت ترانزستورات إشارة أو قدرة .



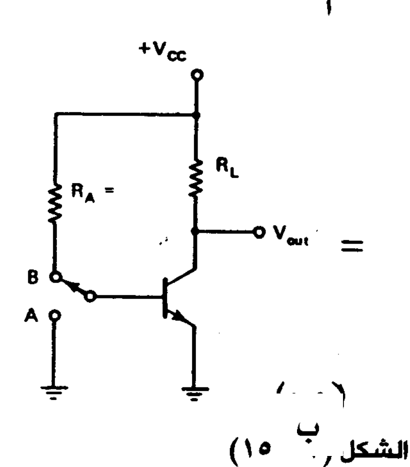
الشكل (٢ - ١٤)

ويعمل الترانزستور كمفتاح Switch وأيضاً كمكبر Ampli- fier .

والشكل (٢ - ١٥) يوضح فكرة عمل الترانزستور NPN كمفتاح. فعند توصيل قاعدة الترانزستور بالأرضى يعمل الترانزستور كمفتاح فى حالة فصل OFF (الشكل أ). وعند توصيل قاعدة الترانزستور بجهد المصدر Vcc يعمل كمفتاح فى حالة وصل ON (الشكل ب). ويعمل الترانزستور أيضاً كمكبر ويعين معامل كسب التيار Current gain للترانزستور من المعادلة التالية :



(أ)



(ب)

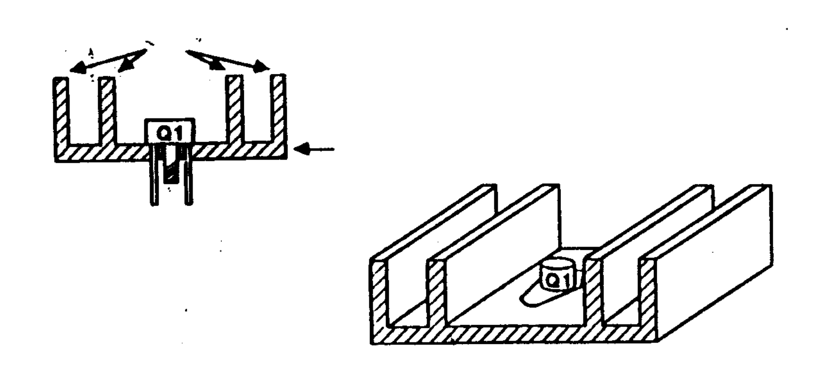
الشكل (٢ - ١٥)

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} \quad \rightarrow 2.5$$

ويساوى معامل كسب التيار β النسبة بين تيار المجمع I_C وتيار القاعدة I_β وتتراوح قيمة β مـا بين 35:300 والقيمة الطبيعية لها 100. ويمكن زيادة معامل كسب التيار للترانزستور بتوصيل ترانزستورين كما هو مبين بالشكل (٢ – ١٧) وتسمى هذه التوصيلة بتوصيلة دارلنجتون ويكون معامل التكبير الكلى مساوياً حاصل ضرب معاملات تكبير Q_1,Q_2. وتوجد ترانزستورات تحتوى على ترانزستورين فى قالب واحد تسمى بترانزستور دارلنجتون وتستخدم عادة كترانزستورات قدرة وتحتاج لتثبيتها على مشتت حرارى Heat sink لتبريدها كما هو مين بالشكل (٢ – ١٧).

Q1
Q2
1

الشكل (٢ – ١٦)

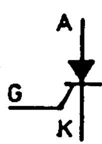


الشكل (٢ – ١٧)

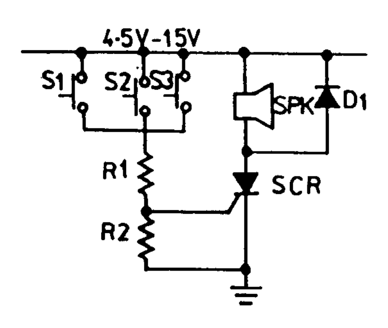
٢ / ١١ – الثايرستور SCR

يستخدم الثايرستور كمفتاح فى دوائر التيار المستمر وكموحد فى دوائر التيار المتردد وذلك فى الاستخدامات التى تحتاج لتيارات عالية. وللثايرستور ثلاثة أطراف وهم المهبط K والمصعد A والبوابة G. وعند وجود فرق جهد موجب بين البوابة

والمهبط يتحول الثايرستور لحالة الوصل ON ويصبح مكافئاً لمفتاح مغلق ويظل على هذا الحال حتى بعد انعدام فرق الجهد بين البوابة والمهبط إلى أن ينخفض التيار المار فيه عند الحد الأدنى اللازم لابقاء الثايرستور فى حالة الوصل والذى يسمى بتيار الإمساك . وفيما يلى رمز SCR :



والشكل (١ - ١٨) يبين فكرة عمل الثايرستور لتشغيل سماعة SPK، فعند الضغط على أحد الضواغط S_1,S_2,S_3 فإن الجهد +15V سوف يقسم بالتساوى على المقاومتين R_1,R_2 لأنهما متساويتين، وبالتالى يصبح فرق الجهد بين البوابة والمهبط 7.5V، فيتحول الثايرستور لحالة الوصل ON ويمر تيار كهربى عبر السماعة ماراً بالمصعد A والمهبط K .

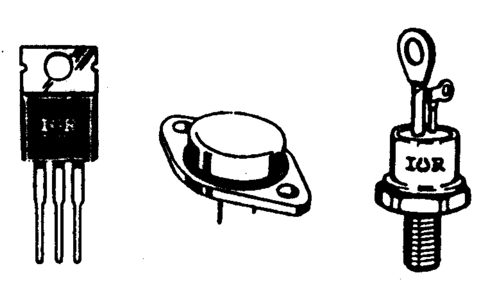


الشكل (٢ - ١٨)

وعند إزالة الضغط عن الضاغط فإن الثايرستور سيظل فى حالة ON وتظل السماعة SPK فى حالة ON إلى أن يتم قطع التيار الكهربى عن الدائرة فينقطع التيارالمار فى الثايرستور ويتحول الثايرستور لحالة القطع Turn off .

والجدير بالذكر أن الموحد D_1 يعمل على خمد القوة الدافعة الكهربية المتولدة عند انقطاع التيار الكهربى عن ملف السماعة SPK ، وبالتالى تمنع تلف الثايرستور

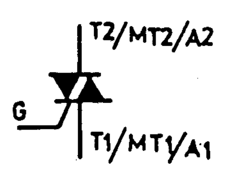
والشكل (٢ – ١٩) يعرض نماذج مختلفة للتايرستورات المتوفرة فى الأسواق.



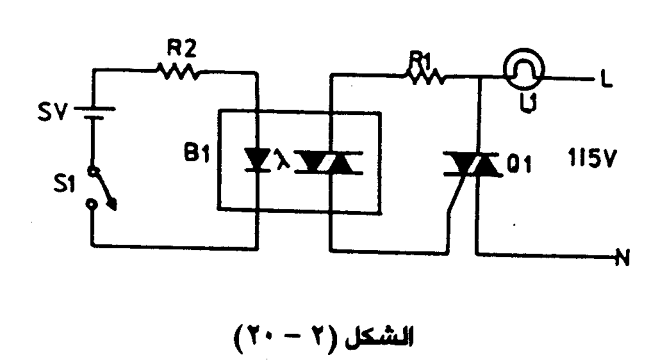
الشكل (٢ – ١٩)

٢ / ١٢ – الترياك Triac

يستخدم الترياك كمفتاح فى دوائر التيار المتردد وذلك فى الاستخدامات التى تحتاج لتيارات عالية. وللترياك ثلاثة أطراف وهى الطرف الأول T_1 والطرف الثانى T_2 والبوابة G. وفى الوضع الطبيعى يكون الترياك فى حالة قطع Cut off ، ويعمل كمفتاح مفتوح. وبمجرد تسليط فرق جهد بين البوابة G والطرف T_2 يتحول الترياك لحالة الوصل ON ويعمل كمفتاح مغلق، ويمر التيار الكهربى من الطرف T_1 إلى الطرف T_2 طالما يوجد فرق جهد بين البوابة والطرف T_2. وفيما يلى رمز الترياك.



والشكل (٢ – ٢٠) يوضح فكرة عمل الترياك فى دوائر التيار المتردد لتشغيل اللمبة L_1.



الشكل (٢ - ٢٠)

عناصر الدائرة

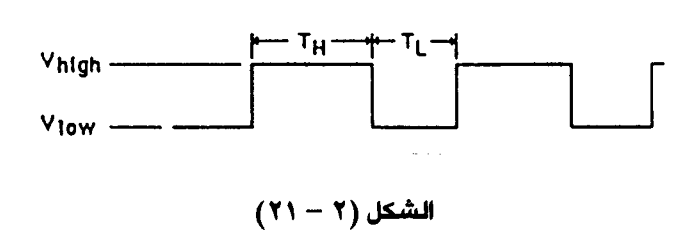
مقاومة كربونية 47Ω	R_1	وحدة ارتباط ضوئية طراز MOC3011	B_1
مقاومة كربونية 360Ω	R_2	مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1
ترياك طراز 2N6342A	Q_1	لمبة تعمل عند جهد 115V	L_1

فعند غلق المفتاح S_1 فان وحدة الارتباط الضوئى β_1 سوف تعمل لمرور تيار كهربى فى الموحد الباعث للضوء الخاص بها، وبالتالى يتحول الترياك الضوئى لوحدة الارتباط لحالة الوصل، ويصبح كما لو كان مفتاحا مغلقًا، وينشأ عن ذلك فرق جهد بين البوابة G والطرف T_2 للترياك الرئيسى Q_1 ، فيتحول لحالة الوصل وتضىء اللمبة L_1 وتظل اللمبة L_1 مضيئة طالما أن المفتاح S_1 مغلق؛ ولكن بمجرد فتح المفتاح S_1 يتحول الترياك لوحدة الارتباط الضوئى β_1 لحالة القطع ويصبح كمفتاح مفتوح فيختفى فرق الجهد بين البوابة G والطرف T_1 للترياك الرئيسى Q_1، ويتحول هو الآخر لحالة القطع وينطفىء المصباح L_1.

والجدير بالذكر أن شكل الترياك لا يختلف عن شكل الثايرستور ولكن بالطبع الرمز يختلف.

٢ / ١٣ - المذبذبات اللامستقرة باستخدام المؤقت 555

تعتبر المذبذبات القلب النابض فى معظم الدوائر الرقمية. وتقوم المذبذبات العديمة الاستقرار Astable multivibrators بتوليد موجات مربعة كما بالشكل (٢ - ٢١).



الشكل (٢ - ٢١)

حيث يتغير جهد هذه الموجات بين قيمتين ثابتين وهما: الجهد العالى Vhigh والجهد المنخفض Vlow. وأهم الدوائر المتكاملة المستخدمة فى بناء المذبذبات اللامستقرة وهما الدائرة المتكاملة 555.

والشكل (٢ - ٢٢) يبين طريقة توصيل مؤقت NE555 للحصول على مذبذب لامستقر وتتراوح قيم R_1,R_2 ما بين (1KΩ:1MΩ) وتتراوح قيمة C_1 ما بين (10n:10μ) وللحصول على موجة مربعة ترددها 0.1HZ فإن مكونات هذه الدائرة تكون كما يلى:

مقاومة	0.5MΩ	R_1,R_2
مكثف بوليستير	10μ	C_1
مكثف بوليستير	0.01μf	C_2

وتكون النسبة بين زمن الوصل إلى زمن الفصل مساوياً (1:2) كما أن أقصى تيار خرج لهذه الدائرة المتكاملة (100mA).

الشكل (٢ - ٢٢)

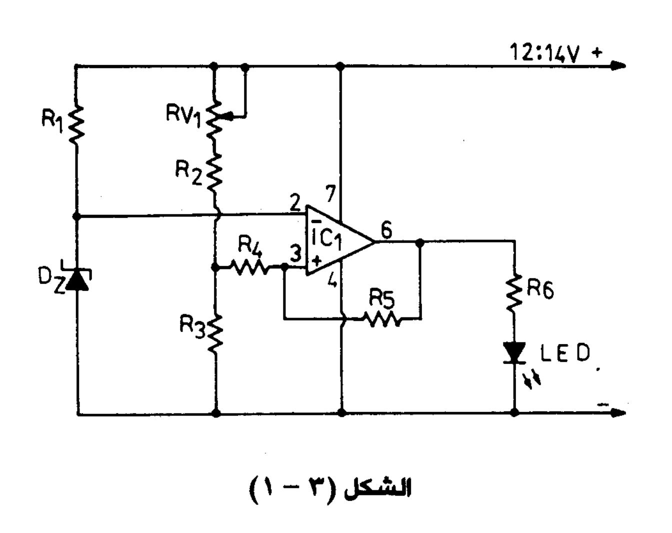
الباب الثالث

المشاريع العمليه باستخدام
مكبرات العمليات

المشاريع العمليه باستخدام مكبرات العمليات

الدائرة رقم (١) وحدة مراقبة حالة بطارية النيكل كادميوم

الشكل (٣ – ١) يعرض دائرة وحدة مراقبة بطارية النيكل كادميوم وهذه الدائرة ينصح بإضافتها مع دوائر شحن البطاريات .



الشكل (٣ – ١)

عناصر الدائرة :

مقاومة كربونية 3.3KΩ	R_1
مقاومة كربونية 4.7KΩ	R_2
مقاومة كربونية 10KΩ	R_3,R_4
مقاومة كربونية 100KΩ	R_5
مقاومة كربونية 1.5KΩ	R_6
مقاومة متغيرة 22KΩ	RV_1
موحد باعث للضوء 20mA	LED

ZD	موحد زيز 6.2V/400mw
IC_1	دائرة متكاملة لمكبر عمليات طراز 741

نظرية عمل الدائرة :

يعمل مكبر العمليات IC_1 كمقارن حيث يقارن الجهد المسلط على المدخل غير العاكس مع الجهد المسلط على المدخل العاكس والشكل بواسطة موحد الزينرZD والذى يساوى 6.2V . ففى حالة انخفاض جهد البطارية عن 10V فإن خرج IC_1 يصبح منخفضاً ويضىء الموحد الباعث للضوء LED .

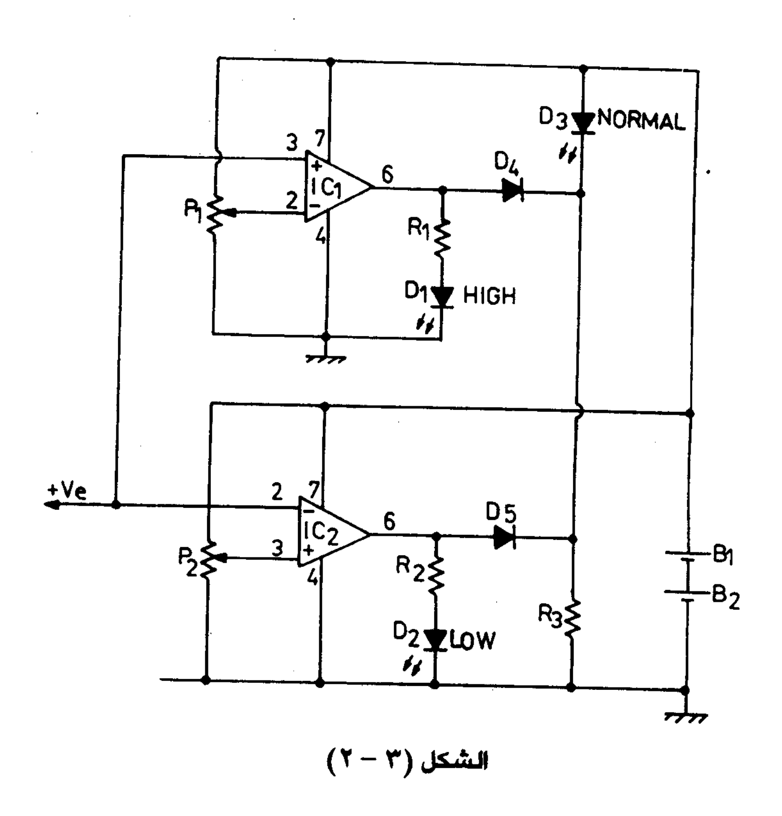
وبمجرد شحن البطارية ووصول جهد أطرافها إلى 12V فإن خرج المكبر يصبح عاليا ويضىء الموحد الباعث للضوء LED .

وبمجرد شحن البطارية ووصول جهد أطرافها إلى 12V فإن خرج المكبر يصبح عاليا ويضىء الموحد الباعث للضوء LED .

والجدير بالذكر أنه يمكن ضبط النسبة $\frac{R_3}{RV_1+R_2}$ ، وذلك بتوصيل الدائرة مع مصدر جهد 10V ثم تضبط المقاومة المتغيرة RV_1 حتى ينطفىء الموحد الباعث للضوء LED فى هذه الحالة نكون قد عايرنا الدائرة ويتم تثبيت RV_1 على هذا الوضع.

الدائرة رقم (٢) مبين حالة بطارية حمضية :

الشكل (٣ – ٢) يعرض دائرة مبين حالة بطارية حمضية يمكن استخدامها للتعرف على حالة البطارية هل هى مشحونة جيداً (جهدها أكبر من 13V) أم أنها تحتاج لشحن (جهدها أقل من 11V) .



الشكل (٣ - ٢)

عناصر الدائرة:

مقاومات كربونية 2.7KΩ	R_1,R_2,R_3
مقاومات متغيرة 25KΩ	P_1,P_2
مقاومات مشعة 5mA	D_1,D_2,D_3
موحدات سليكونية طراز 1N4148	D_4,D_5
مكبرات عمليات طراز 741	IC_1,IC_2
بطاريتان 9V	B_1,B_2

نظرية عمل الدائرة:

يتم ضبط الجهد عند المدخل العاكس للمكبر IC_1 عند جهد 13V بواسطة المقاومة المتغيرة P_1. ويتم ضبط الجهد على المدخل العاكس للمكبر IC_2 عند 11V بواسطة المقاومة المتغيرة P_2.

ويتم توصيل البطارية المطلوب اختبار جهدها مع أطراف الجهاز Ve, -Ve+ حيث يوصل Ve+ مع القطب الموجب للبطارية ويوصل Ve- مع القطب السالب للبطارية :

وهناك ثلاث حالات مختلفة وهى كما يلى :

١ – إذا كان جهد البطارية أكبر من 12V فإن خرج كلاً من IC_1, IC_2 يكون صفراً، وبالتالى فإن D_1, D_2 سيكونان فى حالة إعتام أما الموحد D_3 سيكون مضيئًا .

٢ – عندما يكون جهد البطارية أقل من 11V فإن خرج IC_2 سيصبح عاليًا وبالتالى يضىء D_2 أما D_1 فيسكون فى حالة إعتام نظرًا لأن خرج IC_1 سيصبح منخفضاً وكذلك فإن D_3 سيكون فى حالة إعتام لأن الموحد D_5 تحول لحالة الوصل نظرًا لأن خرج IC_2 عاليًا فاصبح الجهد عند مهبط ومصعد D_3 متساويًا .

٣ – عندما يكون جهد البطارية أكبر من 13V فإن خرج IC_1 سيصبح عاليًا وبالتالى يضىء D_1 أما D_2 فيكون فى حالة إعتام نظرًا لأن خرج IC_2 يكون منخفضاً، وكذلك فإن D_3 سيكون فى حالة إعتام نظرًا لأن الموحد D_4 يتحول لحالة الوصل لأن خرج IC_1 سيكون مرتفعًا فيصبح الجهد عند مهبط ومصعد D_3 متساويًا .

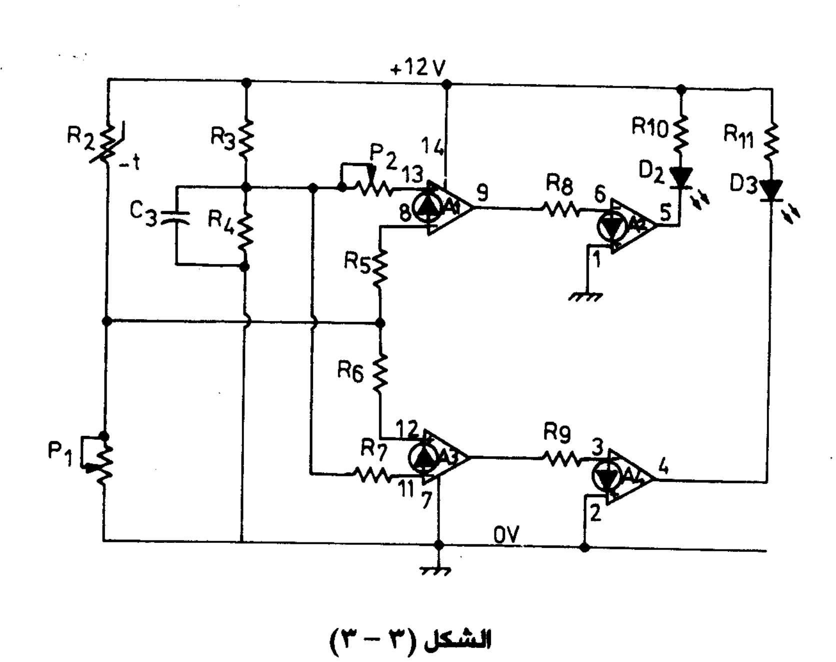
لذلك يمكن كتابة كلمة Normal بجوارD_3 وكلمة Low بجوار D_2 وكلمة High بجوار D_1 .

حيث إن :

عادى	Normal
منخفض	Low
عالى	high

الدائرة رقم (٣) مبين درجة الحرارة الدنيا والقصوى :

الشكل (٣ – ٣) يعرض دائرة مبين درجة الحرارة القصوى باستخدام أربعة مكبرات عمليات نورتون طراز LM 3900 .



الشكل (٣ - ٣)

عناصر الدائرة:

مقاومة متغيرة 22KΩ	P_1
مقاومة حرارية لها معامل حرارى سالب 10KΩ NTC	R_2
مقاومة كربونية 1KΩ	R_3, R_4
مقاومة كربونية 390KΩ	R_5, R_6, R_7
مقاومة كربونية 56KΩ	R_8, R_9
مقاومة كربونية 560Ω	R_{10}, R_{11}
مقاومة متغيرة 470KΩ	P_2
مكثف كيميائى 10μF/10V	C_3
موحدات مشعة 20mA	D_2, D_3
دائرة متكاملة تحتوى على أربع بوابات نورتون طراز LM3900	A_1, A_4

نظرية التشغيل:

هذه الدائرة مفيدة فى بعض التطبيقات الخاصة مثل مزارع الأسماك والتى تحتاج لدرجة حرارة تتراوح ما بين (20:25°C).

وتعمل المكبرات A1, A3 كمقارنات فى حين تعمل المكبرات A2, A4 كعواكس وتشكل المقاومات R1, R4 مجزىء جهد للحصول على جهد الأساس وكذلك تشكل المقاومة الحرارية R2 والمقاومة المتغيرة P1 مجزئ جهد ويكون الجهد الموجود عند الوصلة بين P1, R2 معتمداً على درجة حرارة المزرعة. وتقارن المكبرات A1, A3 هذا الجهد مع جهد الأساس فإذا تعدت درجة الحرارة القيمة القصوى 25°C يصبح الجهد عند الوصلة R2-P1 أكبر من جهد الأساس وبالتالى يصبح خرج A3 موجباً ويقوم A4 بعكس خرج A3 ليصبح صفراً فيضىء الموحد المشع D3.

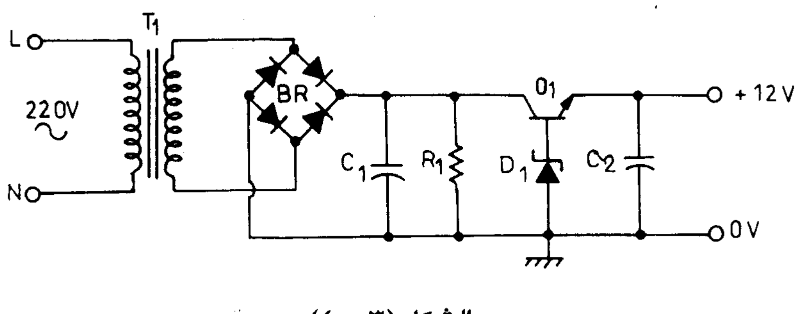
وعند انخفاض درجة الحرارة عن 20°C فإن الجهد عند الوصلة بين R2,P1 يكون أقل من جهد الأساس، وبالتالى يصبح خرج المكبر A1 عاليًا ومن ثم يقوم المكبر A2 بعكس خرج المكبر A1 فيصبح خرج A2 منخفضاً ويضىء الموحد المشع D2.

معايرة الدائرة:

توضع المقاومة الحرارية R2 فى الماء وترفع درجة حرارة الماء لأعلى قيمة 25°C ويتم ضبط P1 بحيث يضىء الموحد المشع D3 ثم بعد ذلك يسمح للماء بأن يبرد حتى تصل درجة الحرارة إلى 20°C ثم يضبط P2 حتى يضىء الموحد المشع D2.

علماً بأن الوصلات التى توضع فى الماء يجب أن تكون معزولة.

والشكل (٣ – ٤) يعرض مصدر القدرة المستخدم لهذه الدائرة.



الشكل (٣ – ٤)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 1.5KΩ	R_1
محول له نسبة تخفيض 220/12V وتياره 1A	T_1
قنطرة توحيد طراز B40 C100	BR
ترانزستور NPN طراز BC 140	Q_1
مكثف كيميائى 470µF/25V	C_1
مكثف كيميائى 100µF/15V	C_2
موحد زيز 10V	D_1

الدائرة رقم (٤) مبين انقطاع المصدر الكهربى:

إن معظم الدوائر الرقمية تحتاج لمصدر كهربى لا ينقطع فانقطاع المصدر الكهربى عنها قد يؤدى إلى فقدان الذاكرات المتطايرة مثل فقدان ذاكرة RAM أو حدوث خلل فى أزمنة الساعات الرقمية.

من أجل ذلك يجب استخدام مبين انقطاع المصدر الكهربى مع الأنظمة الرقمية.

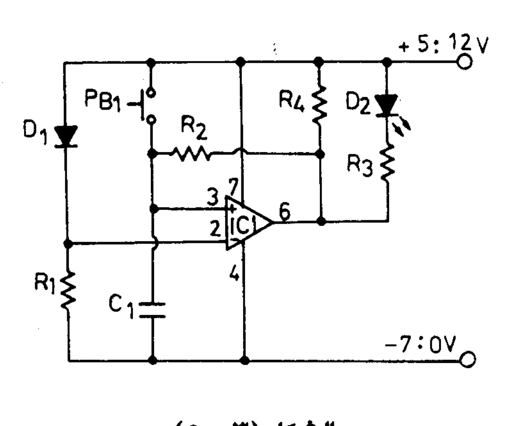
فعند انقطاع المصدر الكهربى وعودته يضىء موحد مشع للإشارة إلى انقطاع المصدر الكهربى وعودته وذلك من أجل تنبيه المستخدم بإعادة الضبط فى حالة الساعات الرقمية أو إعادة إدخال البيانات فى ذاكرات RAM وهكذا.

والشكل (٣-٥) يعرض دائرة مبين انقطاع المصدر الكهربى

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 100KΩ	R_1
مقاومة كربونية 10KΩ	R_2, R_4
مقاومة كربونية 1KΩ	R_3
مكثف بوليستير 10 nF	C_1

موحد سليكونى طراز 1N4148	D_1
موحد مشع 5mA	D_2
دائرة متكاملة لمكبر عمليات طراز 741	IC_1
ضاغط بريشة مفتوحة	PB_1



الشكل (٣ - ٥)

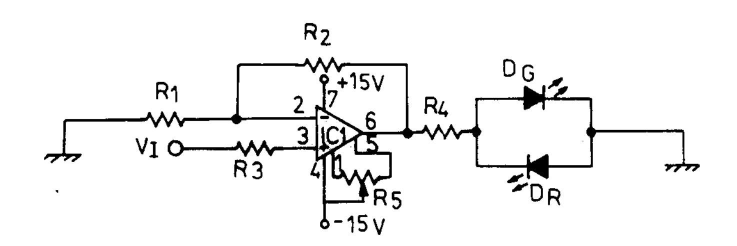
نظرية عمل الدائرة:

عند توصيل التيار الكهربى للدائرة فإن جهد المدخل العاكس للمكبر IC_1 سيكون مساوياً (Vcc-0.6V) حيث إن Vcc هو جهد المصدر الكهربى وعند الضغط على الضاغط PB_1 فإن المدخل غير العاكس للمكبر IC_1 سيتصل بجهد المصدر Vcc وبالتالى يصبح خرج المكبر عالياً، وتظل حالة المدخل غير العاكس عالية نتيجة للتغذية المرتدة الموجبة بواسطة المقاومة R_2 حتى بعد إزالة الضغط عن الضاغط PB_1.

ويكون الموحد المشع D_2 فى حالة إعتام. وعند انقطاع التيار الكهربى ثم عودته من جديد يصبح جهد المدخل العاكس مساوياً (Vcc-0.6V) ويصبح جهد المدخل غير العاكس صفراً. ومن ثم يصبح خرج المكبر منخفضاً فيضىء الموحد المشع D_2 ويظل فى حالة إضاءة إلى أن يقوم المستخدم بالضغط على ضاغط التحرير PB_1 فتتكرر الدورة من جديد .

الدائرة رقم (٥) مبين قطبية الجهد المستمر

الشكل (٣ – ٦) يعرض دائرة بسيطة لمبين قطبية للتعرف على قطبية جهد مستمر موجب أم سالب.



الشكل (٣ – ٦)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 680Ω	R_1
مقاومة كربونية 100KΩ	R_2
مقاومة كربونية 10KΩ	R_3
مقاومة كربونية 2.2KΩ	R_4
مقاومة متغيرة 10KΩ	R_5
مكبر عمليات طراز 741	IC_1
موحد مشع 5mA أخضر	D_G
موحد مشع 5mA أحمر	D_R

نظرية عمل الدائرة:

عند تسليط جهد مستمر غير معلوم قطبيته على المدخل غير عاكس للمكبر فإذا كان هذا الجهد موجبًا يصبح خرج المكبر العاكس موجبًا فيصبح الموحد المشع الأخضر D_G منحازاً أماميًا فيضيء.

أما إذا كان جهد الدخل ذا قطبية سالبة يصبح خرج المكبر سالبًا فيضيء الموحد المشع الأحمر DR، حيث يكون منحازًا أماميًا. وتعمل المقاومة R3 على منع زيادة تيار الدخل. أما المقاومة R5 فتعمل على ملاشاة جهد انحياز الدخل Input offset voltage عندما يكون جهد الدخل Vin مساويًا الصفر. لذلك يجب ضبط هذه الدائرة فى بادئ الأمر بواسطة المقاومة المتغيرة R5 بحيث يكون كلاً من DR, DG فى حالة إعتام.

والجدير بالذكر أن المقاومة R4 تعمل على منع تعدى تيار الخرج عن 5mA. ويكون جهد الخرج لهذا المكبر مساوياً:

$$V_o = V_{in} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

$$= 148\ V_{in}$$

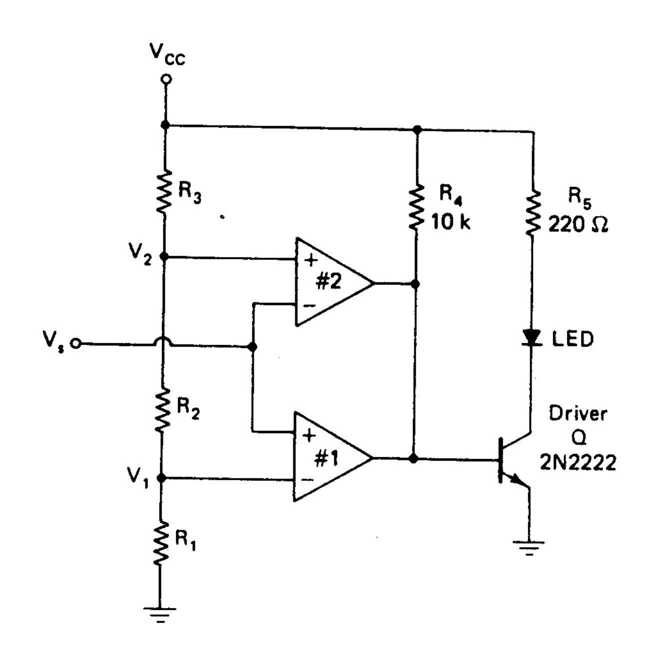
علمًا بأن Vo لا تتعدى جهد التشبع ∓ Vsat والذى يساوى تقريبًا ±13V.

الدائرة رقم (٦) الكاشف الحدى للجهد

الشكل (٣ – ٧) يعرض دائرة كاشف حدى للجهد مرتكزة على دائرة المقارن المتكاملة LM 339A

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 10KΩ	R1, R3
مقاومة كربونية 10KΩ	R4
مقاومة كربونية 220Ω	R5
موحد مشع 20mA	LED
ترانزستور NPN طراز 2 N2222	Q
دائرة متكاملة تحتوى على 4 مقارنات LM339A	IC



الشكل (٣ – ٧)

نظرية عمل الدائرة:

فإذا كان جهد الدخل Vs محصور بين الجهد V1 والجهد V2 يضىء الموحد المشع LED.

فإذا كان جهد المصدر Vcc مساويًا 6V فإن $V_1 = 2V, V_2 = 4V$.

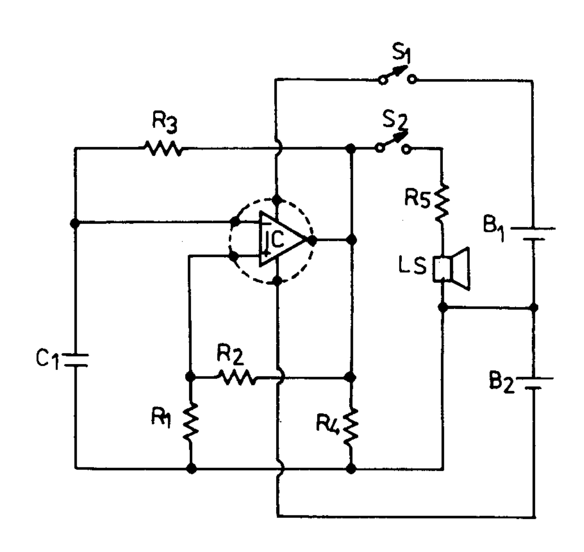
ثم تم ملامسة الطرف Vs بجهد أكبر من 2V وأقل من 4V فإن خرج المقارن 1# سيكون عاليًا ويتحول الترانزستور Q لحالة الوصل ON ومن ثم يضىء الموحد المشع LED.

أما إذا كان جهد الدخل Vs أقل من 2V يصبح خرج المقارن 1# منخفضًا (0V) فتتصل مقاومة الجذب R4 بالأرضى ويتحول الترانزستور Q لحالة القطع فينقطع مرور التيار الكهربى فى LED ويتحول لحالة الأعتام.

وعندما يكون جهد الدخل Vs أكبر من 4V يصبح خرج المقارن 2# منخفضًا ويتكرر ما سبق فى الحالة السابقة.

الدائرة رقم (٧) دائرة اختبار مكبرات العمليات (الأولى)

الشكل (٣ – ٨) يعرض دائرة اختبار مكبرات العمليات للتأكد من صلاحيتها.



الشكل (٣ – ٨)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 270KΩ	R_1, R_3
مقاومة كربونية 680KΩ	R_2
مقاومة كربونية 2KΩ	R_4
مقاومة كربونية 330Ω	R_5
مكثف سيراميك سعته 0.005µF	C_1
بطارية جافة 9V	B_1, B_2
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1, S_2
سماعة مقاومتها 8 Ω	LS

قاعدة دائرة متكاملة بثمانية أرجل نوع DIL

نظرية عمل الدائرة:

هذه الدائرة التى بصددها تعمل كمذبذب موجات مربعة ترددها يساوى:

$$F = \frac{1}{2R_1C_1} \ (HZ)$$

$$F = 370\ HZ$$

حيث يعمل مكبر العمليات IC على مقارنة الجهد المتشكل على المكثف C_1 (جهد الدخل على المدخل العاكس) مع الجهد المشكل على المقاومة R_1 (جهد الدخل على المدخل غير العاكس).

والجدير بالذكر أن المقاومات R_1, R_2 تعمل كمجزئ جهد يقوم بعمل تغذية عكسية بجزء من جهد الخرج Vo للدخل. وسوف نتناول عمل هذه الدائرة فى حالتين.

ففى البداية نغلق المفتاح S_1 لتوصيل التيار الكهربى للدائرة ونغلق S2 لتوصيل السماعة LS بخرج المكبر IC

أولاً: عندما يكون Vo مساويًا لجهد التشبع الموجب +Vsat: يطلق على الجهد على الرجل غير العاكسة + فى هذه الحالة بجهد الركبة العلوية ويساوى

$$V_{ut} = V_{sat} \left(\frac{R_1}{R_2 + R_1} \right)$$
$$= 3.7V$$

ويكون الجهد على الرجل العاكسة (–) للمكبر مساويًا الجهد على أطراف المكثف C_1 والذى يزداد تدريجيًا نتيجة لشحن المكثف عبر المقاومة R_3 حتى يصبح الجهد على أطراف المكثف أكبر من جهد الركبة العلوية Vut حينئذ يصبح جهد الخرج Vo مساويًا –Vsat .

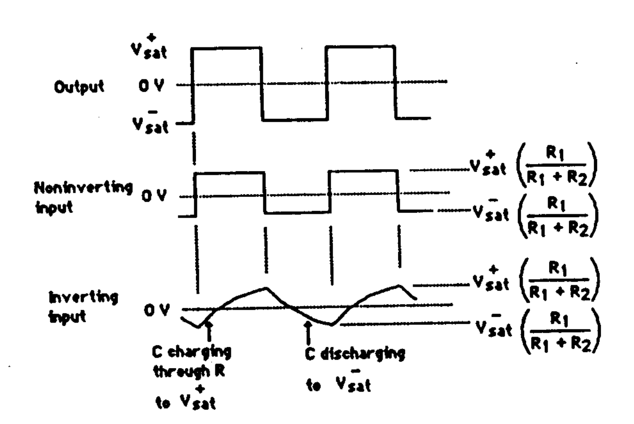
ثانيًا: عندما يكون Vo مساويًا لجهد التشبع السالب –Vsat: يسمى الجهد على الرجل غير العاكسة (+) للمكبر عندما ما يكون Vo مساويًا -Vsat بجهد الركبة السفلية VLT ويساوى

$$V_{LT} = -V_{sat} \left(\frac{R_1}{R_2 + R_1} \right)$$
$$= -3.7V$$

ويكون الجهد على أطراف الرجل العاكسة (-) للمكبر مساويًا لجهد أطراف المكثف C والذى يقل تدريجيًا نتيجة لتفريغ شحنة المكثف C_1 من خلال المقاومة R_3. وعندما يكون جهد المكثف C_1 أكثر سالبية من الجهد VLT يتغير خرج المكبر من Vsat- إلى Vsat+ وهكذا.

فعندما يكون المكبر سليما تسمع نغمة صوتية تخرج من السماعة، أما إذا كان المكبر تالفًا فلا تصدر السماعة أى صوت.

والشكل (٣ - ٩) يعرض شكل نبضات جهد الخرج Output وجهد المدخل غير العاكس Non inverting input وجهد المدخل العاكس Inverting input.

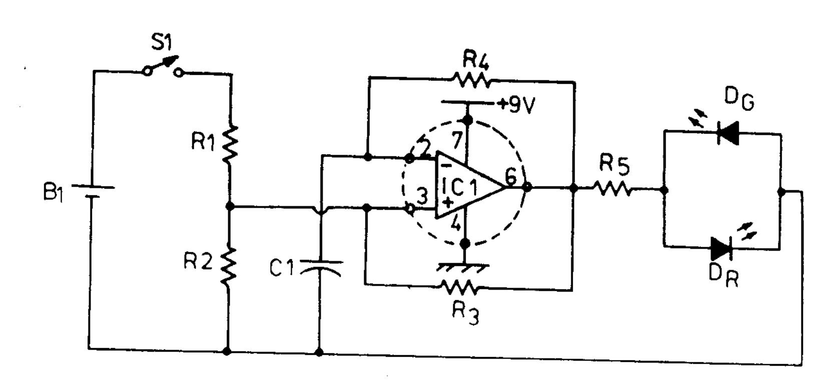


الشكل (٣ - ٩)

ولفحص مكبر العمليات يوضع مكبر العمليات فى القاعدة المخصصة له ثم يقاس الجهد المشكل على المقاومة R_4 بواسطة فولتميتر فيجب أن يكون جهد الخرج مساويًا على الأقل 12V. وعند غلق المفتاح S_2 يسمع صوت صفارة صادرة من السماعة وينخفض الجهد على أطراف R_4 ليصبح مساويًا 6V. فإذا تحقق ما سبق دل على أن مكبر العمليات سليم.

دائرة رقم (٨) دائرة اختبار مكبرات العمليات (الثانية)

الشكل (٣ - ١٠) يعرض دائرة اختبار مكبرات العمليات.



الشكل (٣ - ١٠)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 100KΩ	R_1, R_2, R_3
مقاومة كربونية 220KΩ	R_4
مقاومة كربونية 1.5KΩ	R_5
مكثف كيميائى 1μF/16V	C_1
موحد مشع أخضر 5mA	D_G
موحد مشع أحمر 5mA	D_R
قاعدة مكبر عمليات DI L بثمانية أرجل	
بطارية جافة 9V	B_1
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1

نظرية العمل:

يثبت مكبر العمليات على قاعدته ثم يتم غلق المفتاح S_1 فيعمل مكبر العمليات كمولد نبضات مربعة ترددها يساوى:

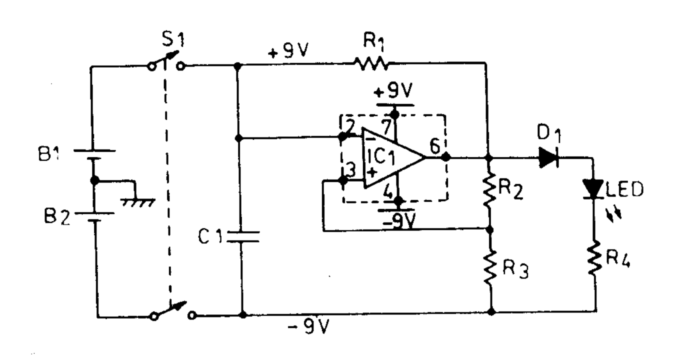
$$F = \frac{1}{2R_4 + C_1} = 2.5HZ$$

ويضىء الموحد المشع الأخضر D_G ثم الموحد المشع الأحمر D_R بطريقة تبادلية.

وفى حالة عدم إضاءة كلاً من DG, DR بطريقة تبادلية فإن هذا يعنى أن مكبر العمليات ليس له كسب وتالف.

دائرة رقم (٩) دائرة اختبار مكبرات العمليات (الثالثة)

الشكل (٣ - ١١) يعرض دائرة لاختبار مكبرات العمليات.



الشكل (٣ - ١١)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 220KΩ	R1, R3
مقاومة كربونية 680KΩ	R2
مكثف كيميائى 2.2μF/12V	C1
موحد طراز 1N914 أو 1N4001	D1, D2
قاعدة دائرة متكاملة DIL بثمانية أرجل	
موحد مشع 20mA	LED
بطاريات جافة 9V	B1, B2
مفتاح قطبين بسكة واحدة	S1

نظرية عمل الدائرة:

لا تختلف نظرية عمل هذه الدائرة عن الدائرتين السابقتين حيث يوضع مكبر العمليات المطلوب اختباره على قاعدته. وبالتالى يضىء الموحد المشع LED بضوء

متقطع إذا كان المكبر حالته جيدة ويمكن بواسطة جهاز الأفوميتر قياس الجهد المتشكل على D1, LED . فإذا كان الجهد 6V من القمة العظمى العلوية للقمة العظمى السفلية فإن قراءة الفولتميتر تكون 3V.

والجدير بالذكر أنه يمكن استخدام هذه الدائرة فى اختبار مكبرات العمليات والتى تكون على هيئة شريحة مزدوجة بأربعة عشر رجلاً أو بثمانى أرجل أو غلاف معدنى TO5، وذلك بتوصيل ثلاثة قواعد مختلفة على التوازى وفيما يلى مكبرات العمليات التى يمكن اختبارها بهذه الدائرة.

عائله 741 مثل:

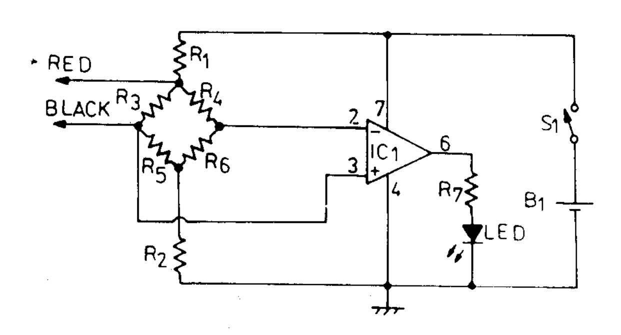
SSD741, CA 3100S, MC1556, SN5 2770, 8007, NE536, AD503

عائلة 709 مثل:

SSD709,LM101, µA 748, MC 2741, HE PC 6052P

دائرة رقم (١٠) جهاز اختبار الاتصال

الشكل (٣ - ١١) يعرض الدائرة العملية لجهاز اختبار الاتصال بين نقطتين.



الشكل (٣ - ١١)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 4.7KΩ	R1, R2
مقاومة كربونية 220Ω	R3, R5, R6

مقاومة كربونية 100Ω	R_4
مقاومة كربونية 1.5KΩ	R_7
موحد مشع منخفض القدرة 5mA	LED
مكبر عمليات طراز 741	IC_1
بطارية 9V	B_1
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1

نظرية عمل الدائرة:

عندما تكون المقاومة بين طرفى الجهاز RED, BLACK أقل من 100Ω؛ فإن الموحد المشع LED سيضىء حيث يتم تغذية مدخلى مكبر العمليات IC_1 من قنطرة هويتسون المؤلفة من المقاومات R_3, R_4, R_5, R_6 وصممت هذه المقاومات بحيث تكون غير متزنة.

حيث إن:

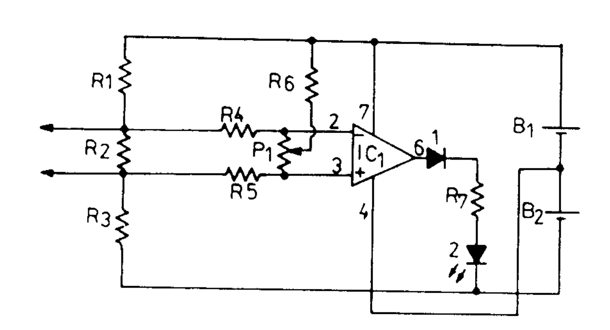
$$\frac{R_3}{R_4} \neq \frac{R_4}{R_5}$$

وبالتالى سيتواجد فرق جهد بين مدخلى القنطرة وهذا الفرق يجعل جهد المدخل العاكس (−) أعلى من جهد المدخل غير العاكس (+) وبالتالى يكون خرج المكبر صفراً (لأن المكبر يغذى من مصدر قدرة أحادى).

أما فى حالة ملامسة طرفى الجهاز لنقطتين بينهما اتصال يصبح جهد المدخل العاكس أقل من جهد المدخل غير العاكس فيصبح خرج المكبر عالياً ويضىء الموحد المشع LED.

دائرة رقم (١١) جهاز اختبار الدوائر المطبوعة

الشكل (٣ – ١٢) يعرض الدائرة العملية لجهاز اختبار الاتصال فى الدوائر المطبوعة.



الشكل (٣ - ٢ ١)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 22KΩ	R_1, R_3
مقاومة كربونية 10KΩ	R_2
مقاومة كربونية 1KΩ	R_4, R_5
مقاومة كربونية 470KΩ	R_6
مقاومة كربونية 470 Ω	R_7
مقاومة متغيرة 10KΩ	P_1
دائرة متكاملة لمكبر عمليات طراز 709	IC
موحد طراز 1N4148 أو 1N914	D_1
موحد مشع 5mA	D_2
بطاريات جافة 9V	B_1, B_2

نظرية التشغيل:

عادة فإن اختبار الاتصال بين النقاط المختلفة بواسطة الأوميتر لا يعطى نتائج صحيحة فى حالة وجود أشباه موصلات فى الدائرة. كما أن جهاز الأوميتر قد يسبب إلى تلف بعض أشباه الموصلات؛ نتيجة لوجود فرق جهد بين أطرافه يساوى جهد البطارية الداخلية له ولقد استطاع الجهاز الذى بصدده أن يحل هذه المشاكل حيث

إن هذا الجهاز لا يرى المقاومات الأكبر من 1Ω كما أن جهد القياس لا يتعدى 2mV وأقصى تيار قياس أقل من 200µA.

ويمكن ملاشاة حيود مكبر العمليات المستخدم فى هذه الدائرة بواسطة المقاومة المتغيرة P_1.

ويعمل مكبر العمليات IC كمقارن، ففى الوضع الطبيعى يكون جهد المدخل العاكس (−) للمكبر أعلى من جهد المدخل غير العاكس (+) وبالتالى يكون خرج المكبر سالبًا الأمر الذى يؤدى إلى عدم إضاءة الموحد المشع D_2.

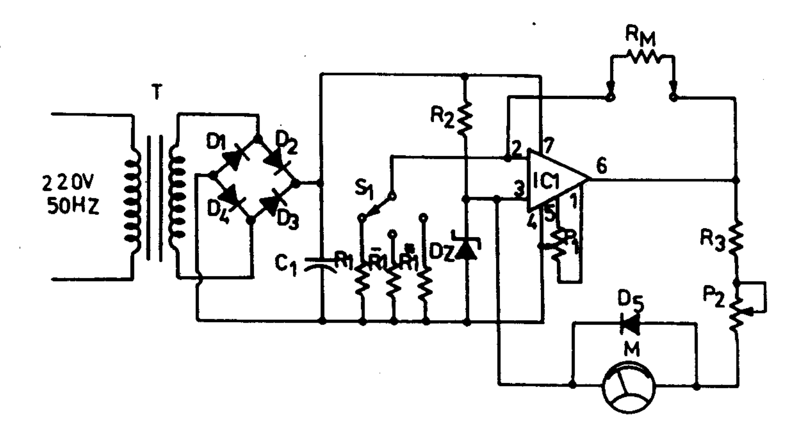
ولكن بمجرد توصيل أطراف الجهاز مع نقطتين المقاومة بينهما أقل من 1Ω يصبح جهد المدخل غير العاكس أعلى من جهد المدخل العاكس فيصبح خرج المكبر عاليًا ويضىء الموحد وبمجرد رفع أطراف الجهاز عن مسار الاتصال يعود الموحد المشع D_2 لحالة الأعتام.

ويمكن ضبط الجهاز وذلك بملامسة أطراف الجهاز لنقطتين فى مسار واحد فى دائرة مطبوعة ثم معايرة المقاومة المتغيرة P_1 حتى يضىء الموحدالمشع D_2.

دائرة رقم (١٢) جهاز الأوميتر

الشكل (٣ – ١٣) يعرض دائرة جهاز أوميتر يرتكز على مكبر عمليات FET طراز CA3140.

مقاومة كربونية 2.7KΩ	R_1	موحدات طراز 1 N4001	D_1 - D_4
مقاومة كربونية 1KΩ	R_2	موحد زينر 3.9V/ 400mw	DZ
مقاومة كربونية 10KΩ	R_2	موحد طراز CA95	D_5
مقاومة كربونية 100KΩ	R_2	مكبر عمليات طراز CA3140	IC_1
مقاومة كربونية 3.3KΩ	R_3	جهاز أميتر mA موصل معه مقاومة 3.9KΩ على التوالى	M_1
مقاومة متغيرة 100KΩ	P_1		
مقاومة متغيرة 1KΩ	P_2	محول 1A, 220/12V	T
مكثف كيميائى 1000µF وجهده 25V	C_1		



الشكل (٣ - ١٣)

نظرية عمل الدائرة:

يوصل مكبر العمليات IC1 ليعمل كمكبر غير عاكس، حيث يغذى المدخل غير العاكس بجهد 3.9V (جهد موحد الزينر DZ) ويكون خرجه مساويًا:

$$Vo = \left(\frac{Rx}{R_2} + 1\right) 3.9$$

وحيث إن:

أحد أطراف جهاز القياس M_1 يرتد للمدخل غير العاكس؛ لذلك فإن فرق الجهد على أطراف جهاز القياس يساوى:

$$V_{M1} = Vo\text{-}Vi$$

$$= \left(\frac{Rx}{R_2} .3.9 + 3.9\right) - 3.9$$

$$= \frac{Rx}{R_2} .3.9$$

وبالتالى فإن جهد القياس يتناسب طرديًا مع المقاومة المقاسة والمقاومة R_2 ويمكن الحصول على ثلاثة أمدية مختلفة باستخدام ثلاث قيم للمقاومة R_2 فعند وضع المفتاح S_1 على المقاومة R_2'' فإن جهد القياس يساوى:

$$V_{M1} = \frac{Rx}{1K\Omega} .3.9$$

وبالتالى فإن أقصى قراءة للجهاز هى $Rx = 1K\Omega$ وبالمثل فعند وضع المفتاح S_1 على وضع R_2 فإن أقصى قراءة للجهاز هى $Rx = 10K\Omega$ وأيضاً عند وضع المفتاح S_1 على وضع R_2 فإن أقصى قراءة للجهاز هى $R_1 = 100\ K\Omega$. ويمكن استخدام جهاز أميتر لقياس (0:1mA) ويوصل معه على التوالى مقاومة $3.9K\Omega$ وبالتالى فإن أقصى جهد يكون على أطراف الجهاز والمقاومة سيساوى 3.9V.

ويتم توصيل الموحد D_2 بالتوازى مع الجهاز لحماية الجهاز من زيادة الحمل. ولضبط الدائرة يجب تصفير خرج المكبر وذلك بإحداث قصر بين طرفى الجهاز وبعد ذلك يمكن ضبط الجهاز وذلك بتوصيل مقاومة Rx قيمتها $100K\Omega$ بتفاوت 2% على أطراف الجهاز مع وضع المفتاح S_1 على وضع R_2 ثم ضبط قراءة الأميتر بواسطة المقاومة P_2 للوصول إلى أقصى قراءة للجهاز 1mA.

ويمكن إعادة تدريج جهاز الأميتر ليعطى أوم بدلاً من أمبير ويكون للجهاز ثلاثة تدريجات فى هذه الحالة.

كما أنه يمكن زيادة مدى قراءات الجهاز إلى $10M\Omega$ باستخدام مقاومة أخرى R_2 تساوى $10M\Omega$.

الدائرة رقم (١٣) جهاز قياس الجهد والتيار

من أجل فهم نظرية عمل هذا الجهاز سنستعرض سوياً النظرية التى يبنى عليها هذا الجهاز والشكل (٣ - ١٤) يعرض دائرتين مختلفتين لمكبر عمليات الأول (الشكل أ) يستخدم لقياس الجهد.

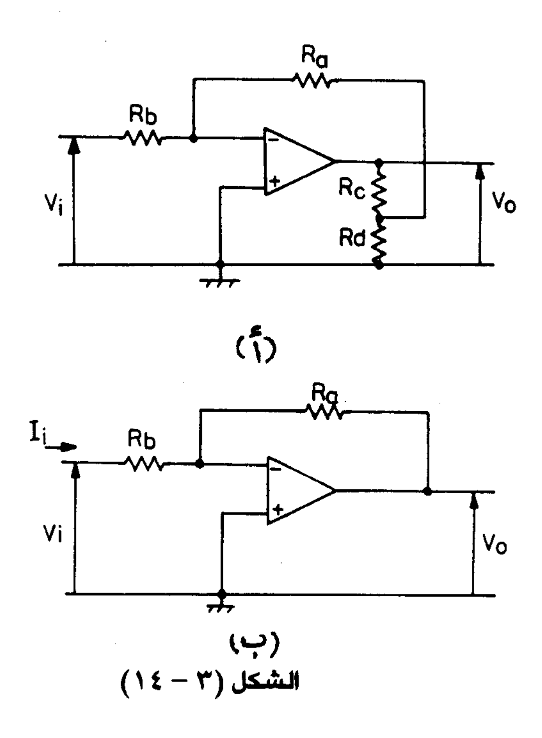
حيث إن

$$Vo = -Vi \left(\frac{Ra}{Rb} - \frac{Rc + Rd}{Rd} \right)$$

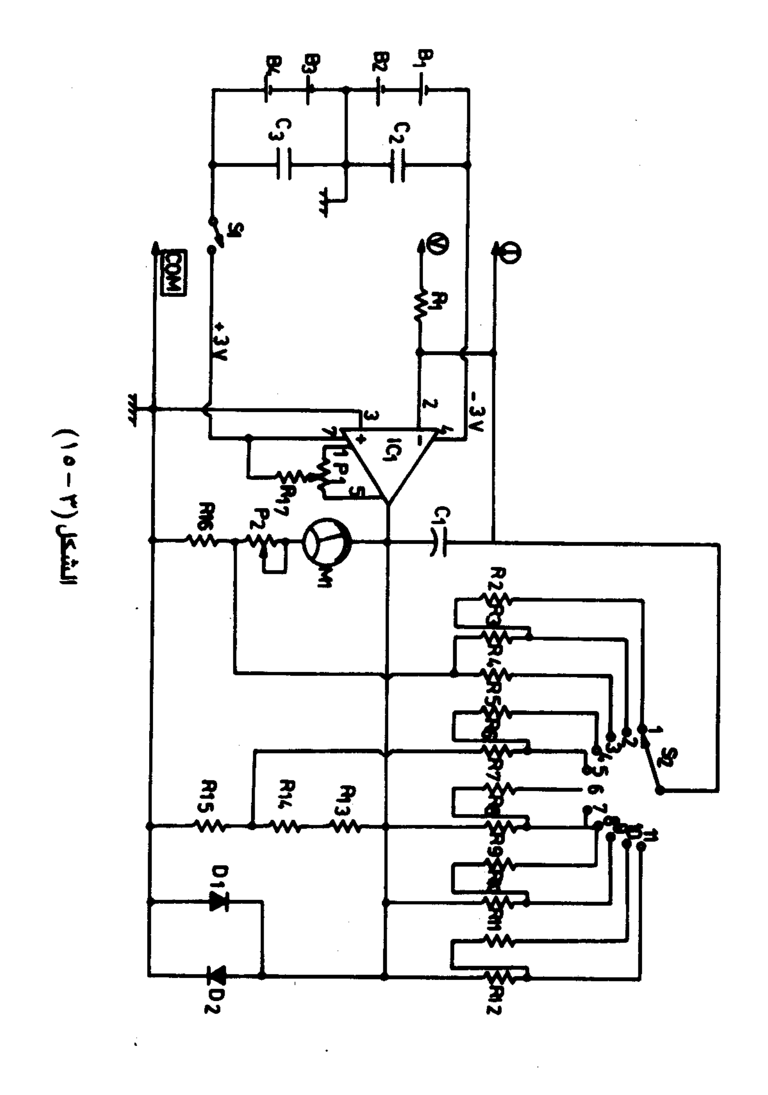
(والشكل ب) يعرض دائرة مكبر عمليات يستخدم لقياس شدة التيار حيث إن:

$$Vo = -Ii\ Ra$$

والشكل (٣ - ١٥) يعرض دائرة جهاز قياس الجهد والتيار.



الشكل (٣ – ١٤)



B1
B2
B3
B4
C2
C3
S1
COM
+3V
-3V
R1
IC1
C1
P1
P2
R16
R17
M1
S2
R13
R14
R15
D1
D2
R12

الشكل (٣ – ١٥)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 10MΩ	R_1
مقاومة كربونية 8MΩ	R_2
مقاومة كربونية 2MΩ	R_3
مقاومات كربونية 1MΩ	R_4, R_5, R_6
مقاومات كربونية 470KΩ	R_7, R_8
مقاومات كربونية 4.7 KΩ	$R_9, R_{10}, R_{11}, R_{12}, R_{17}$
مقاومات كربونية 1KΩ	R_{13}, R_{15}
مقاومة كربونية 2.7KΩ	R_{14}
مقاومة كربونية 100Ω	R_{16}
مقاومة متغيرة 100KΩ	P_1
مقاومة متغيرة 2.2KΩ	P_2
مكثف بوليستير 2.2nF	C_1
مكثف بوليستير 10nF	C_2, C_3
موحد سيلكونى 1N4148	D_1, D_2
مكبر عمليات LF356	IC_1
جهاز أميتر 100mA	M
بطاريات جافة 1.5V	$B_1 : B_4$
مفتاح قطبين سكه واحدة	S_1
مفتاح قطب واحد بأحد عشر موضعاً	S_2

نظرية التشغيل:

بواسطة المفتاح S_2 يمكن تحديد مدى القياس سواء كان عند قياس التيار أو عند

قياس الجهد .

والجدير بالذكر أن جميع المقاومات يجب ألا يزيد تفاوتها عن 1% ويستخدم P_1 لضبط حيود خرج مكبر العمليات IC_1 وذلك بقصر أطراف الجهاز معاً .

أما P_2 فتستخدم لمعايرة الجهاز وذلك بوضع المفتاح S_2 على مدى جهد معلوم ثم نوصل أطراف الجهاز بهذا الجهد ونغلق المفتاح S_1 ونبدأ بمعايرة الجهاز بواسطة P_2 وصولا لقراءة تساوى الجهد المقاس .

والجدول (٣ – ١) يبين أمدية القياس المختلفة لهذا الجهاز والتى يمكن تحديدها بواسطة المفتاح S_2 .

الجدول (٣ - ١)

الوضع	جهد الدخل الأقصى	تيار الدخل الأقصى Ii
1	10mV	1nA
2	50mV	5nA
3	100mV	10nA
4	500mV	50nA
5	1V	100nA
6	5V	500nA
7	10	1µA
8	50	5µA
9	100	10µA
10	500	50µA
11	1000	100µA

الدائرة رقم (١٤) جهاز قياس درجات الحرارة (0:24°C)

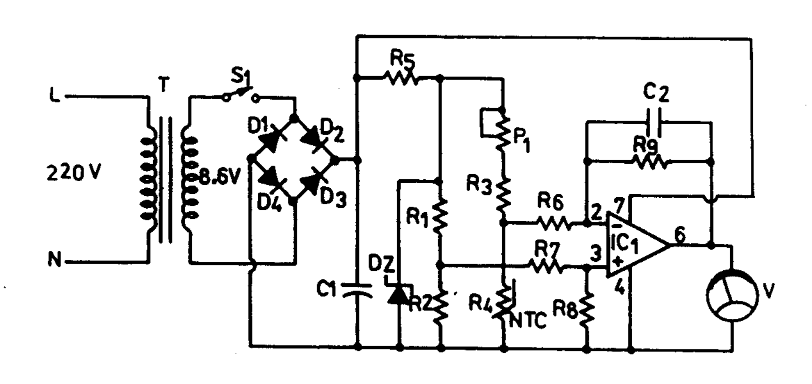
الشكل (٣ – ١٦) يعرض دائرة بسيطة لجهاز قياس درجة الحرارة .

عناصر الدائرة :

مقاومات كربونية 10 KΩ R_1, R_2, R_3, R_5

مقاومة متغيرة 10 KΩ P_1

مقاومات حرارية لها معامل حرارى سالب NTC ومقاومتها 10K	R_4
مقاومة كربونية 100KΩ	R_6, R_7
مقاومة كربونية 680Ω	R_8, R_9
مكثف كيميائى 1000µF وجهده 16V	C_1
مكثف بوليستير 1nF	C_2
موحد زينر 6.8V/400mW	DZ
مكبر عمليات طراز 741 أو 3130	IC_1
فولتميتر 0-12V	M_1
موحدات سليكونية طراز 1N4001	$D_1 : D_4$
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1
محول 1A, 220/8.6V	T_1



الشكل (٣ - ١٦)

نظرية عمل الدائرة:

هذه الدائرة تستخدم لقياس درجات الحرارة وهى تعطى خرجاً من مكبر العمليات IC_1 مقداره 500mV/°C ويمكن إعادة تدريج الفولتميتر ليعطى قراءة تتراوح ما بين 0:24°C ليصبح بالدرجة المئوية بدلاً من الفولت.

وتستخدم هذه الدائرة مقاومة لها معامل حرارى سالب R_4 وذلك من أجل تبسيط

الدائرة. ويوصل مكبر العمليات IC1 كمكبر فرقى مداخلة تغذى من قنطرة مؤلفة من المقاومة R1 كذراع والمقاومة R2 كذراع والمقاومات R3, P1 كذراع والمقاومة R4 كذراع له مقاومة متغيرة.

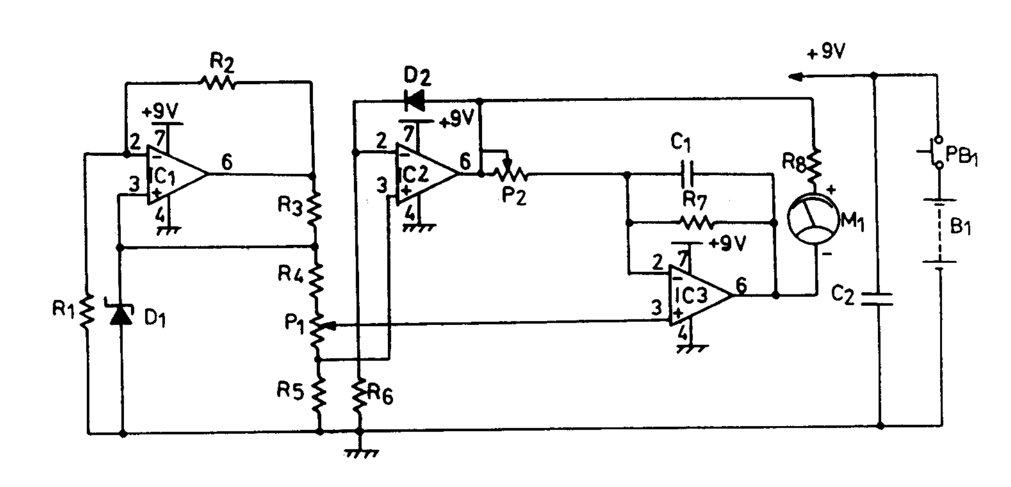
ويكون الجهد فى الوصلة R1, R2 حوالى 3.4V فعندما تكون درجة الحرارة صفراً يتم ضبط مكبر العمليات بواسطة P1 بحيث يكون خرجه صفراً.

وهذا سيحدث عندما يكون الجهد عند الوصلة بين R3, P1 مع R4 مساوياً 3.4V أيضاً. وعند زيادة درجة الحرارة تقل مقاومة المقاومة R4 فيقل الجهد المشكل عليها، ومن ثم يقل الجهد عند المدخل غير العاكس عن الجهد عند المدخل العاكس ويقوم المكبر بتكبير الفرق فى الجهد بين المدخل العاكس والمدخل غير العاكس ليكون خرجه موجباً ويقرأ الفولتميتر.

الدائرة رقم (١٥) جهاز قياس درجات الحرارة (0:100°C)

فى هذه الدائرة يستخدم المعامل الحرارى السالب للموحدات للإحساس بالتغير فى درجة الحرارة. فمن المعروف أنه عند مرور تيار ثابت فى الموحدات فإن فقد الجهد فى الانحياز الأمامى على الموحد يتناسب تناسباً طردياً مع درجة حرارة الموحد.

والشكل (٣ - ١٧) يعرض دائرة جهاز قياس درجات الحرارة الذى نحن بصدده.



الشكل (٣ - ١٧)

عناصر الدائرة:

مقاومات متغيرة 10KΩ	P_1, P_2
مقاومة كربونية 47KΩ	R_1
مقاومة كربونية 1KΩ	R_2, R_8
مقاومة كربونية 100Ω	R_3
مقاومة كربونية 10KΩ	R_4
مقاومة كربونية 27KΩ	R_5
مقاومة كربونية 4.7KΩ	R_6
مقاومة كربونية 33 KΩ	R_7
مكثف بوليستير 47nF	C_1, C_2
موحد زينر 5.6V وقدرته 400mW	D_1
موحد سليكونى 1N4148	D_2
مكبرات عمليات طراز 741	IC_1, IC_2, IC_3
ضاغط بريشة مفتوحة	PB_1
جهاز أميتر 1mA	M
بطارية جافة 9V	B_1

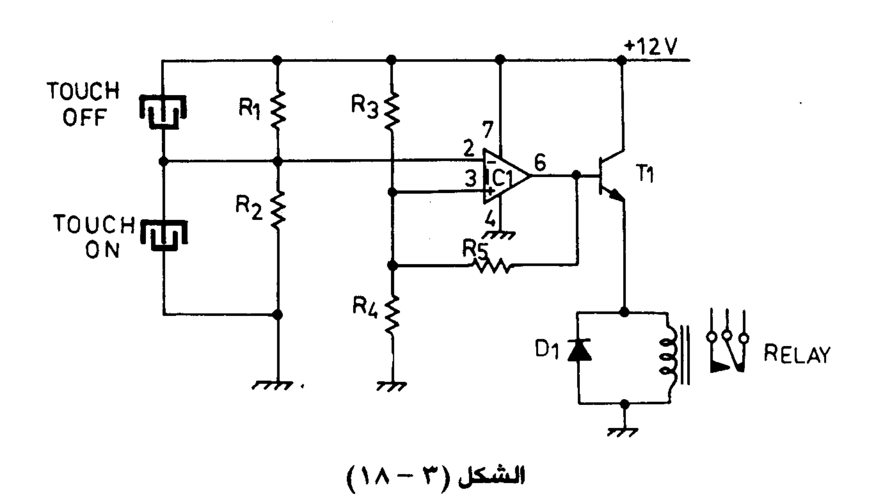
نظرية التشغيل:

يعمل D_1 لتوفير جهد أساسى ثابت وتقوم الدائرة المتكاملة IC_1 بضمان ثبات التيار المار فى موحد الزينر D_1؛ لذلك فإن الزينر لن يتأثر بتغير جهد المصدر. وعندما تتغير درجة حرارة الموحد D_2 المستخدم فى الإحساس بدرجة الحرارة فإن خرج المكبر IC_2 سيتغير بمعدل ($2mV/^oC$) وهذا الجهد يكبر بواسطة IC_3 ويتم تغذية الجهد المكبر إلى جهاز القياس. ويتم معايرة الجهاز عند الصفر (0^oC) بواسطة P_1 ويتم معايرة الجهاز عند التدريج الكامل بواسطة P_2.

ويتم الضغط على الضاغط PB_1 فقط عند القياس. ويعطى الجهاز قياسات تتراوح ما بين (0:100°C). ويمكن قياس درجات الحرارة من (0:-100°C) بعكس أطراف الجهاز M.

الدائرة رقم (١٦) الريلاى الذى يعمل باللمس

الشكل (٣ – ١٨) يعرض دائرة لريلاى يعمل باللمس.



الشكل (٣ – ١٨)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 5MΩ	R_1, R_2
مقاومة كربونية 1MΩ	R_3, R_4, R_5
موحد سليكونى طراز 1N4002	D_1
مفتاحان يعملان باللمس	Touch ON, Touch OFF
ترانزستور NPN طراز BC148	T_1
ريلاى يعمل عند جهد 12V ومقاومته أكبر من 120Ω	RELAY
دائرة متكاملة لمكبر عمليات طراز 741	IC_1

نظرية عمل الدائرة:

يعمل المكبر IC_1 كمقارن يقارن الجهد المسلط على المدخل العاكس مع الجهد المسلط على المدخل غير العاكس فعند لمس مفتاح Touch ON فإن مقاومة R_2 سوف تكون بالتوازى مع مقاومة الأصبع والتى تكون أقل من 5MΩ وبالتالى يصبح جهد المدخل العاكس أقل من جهد المدخل غير العاكس فيصبح خرج المكبر صفراً ويتحول الترانزستور T_1 لحالة القطع.

وعند لمس مفتاح Touch OFF يصبح جهد المدخل غير العاكس أكبر من جهد المدخل العاكس فيصبح خرج المكبر +12V ويعمل T_1 وتباعاً يعمل الريلاى RE-LAY.

والجدير بالذكر أن المقاومة R_5 تعمل على إحداث إبقاء خرج مكبر العمليات على آخر وضع له بعد تحرير المفاتيح العاملة باللمس Touch OFF و Touch ON. أما الموحد D_1 فيعمل على حماية الترانزستور T_1 من القوة الدافعة الكهربية الناتجة من ملف الريلاى عند انقطاع التيار الكهربى عن الريلاى وذلك لحظة لمس مفتاح Touch OFF.

الدائرة رقم (١٧) دائرة الإنذار من سرقة السيارات

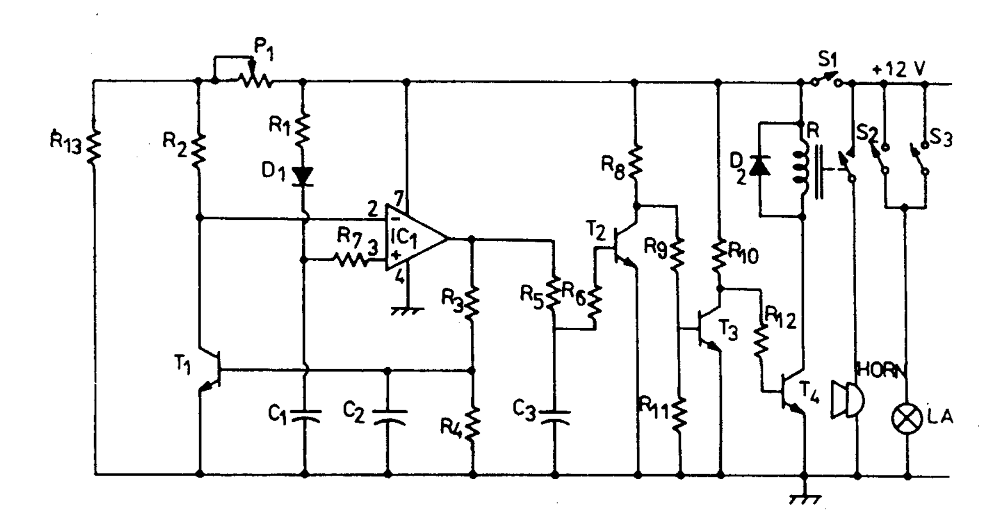
هذه الدائرة مصممة لإعطاء إنذار صوتى عند محاولة شخص غريب الدخول للسيارة، وتقوم هذه الدائرة بالإحساس بأى انخفاض فى الجهد على أطراف البطارية، نتيجة لفتح أحد أبواب السيارة وإضاءة لمبات الإضاءة الداخلية بالسيارة. وهذه الدائرة تعطى حماية كاملة للبابين الأماميين فى السيارة والمزودين بلمبات تضيىء عند فتح أحد البابين الأماميين.

والشكل (٣ - ١٩) يعرض دائرة الإنذار التى بصددها.

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 1KΩ	R_1, R_{14}
مقاومة كربونية 3.3KΩ	R_2

مقاومة كربونية 4.7KΩ	R_3, R_8, R_{10}
مقاومة كربونية 560 Ω	R_4
مقاومة كربونية 680 KΩ	R_5
مقاومة كربونية 47KΩ	R_6, R_7
مقاومة كربونية 22KΩ	R_9
مقاومة كربونية 27KΩ	R_{11}
مقاومة كربونية 2.2KΩ	R_{12}
مقاومة كربونية 5.6KΩ	R_{13}
مقاومات متغيرة 470Ω	P_1
مكثف كيميائى 22µF/15V	C_1
مكثف كيميائى 2.2µF/3V	C_2
مكثف تنتاليوم 100µF/3V	C_3
موحد طراز OA85 أو AA116	D_1
موحد طراز 1N4148 أو 1N914	D_2
ترانزستور NPN طراز BC107	T_1, T_2, T_3, T_4
ريلاى جهده 12V ومقاومته أكبر من 120Ω	RE
مكبر عمليات طراز 741	IC_1
بوق السيارة	BZ
لمبات الإضاءة الداخلية بالسيارة	LA
مفاتيح نهاية مشوار موجودة فى الأبواب الأمامية وتكون مفتوحة عند غلق هذه الأبواب	S_2, S_3
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1



الشكل (٣ - ١٩)

نظرية التشغيل:

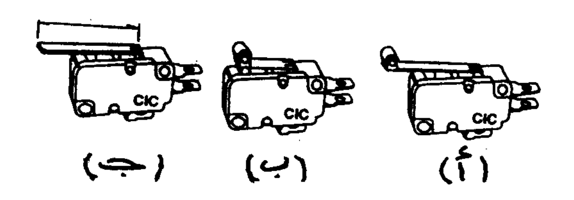
عند خروج صاحب السيارة من السيارة يقوم بغلق المفتاح S1 فى هذه الحالة يصبح جهد المدخل العاكس للمكبر IC1 مساوياً 10V من خلال R2 ويشحن المكثف C1 عبر R1, D1 إلى أن يصبح جهد المدخل غير العاكس أقل قليلاً من جهد المدخل العاكس نتيجة لفقد الجهد على الموحد D1.

وبالتالى يصبح جهد خرج المكبر صفراً فإذا انخفض جهد البطارية فجأة نتيجة لفتح أحد الأبواب الأمامية. فإن الجهد عند المدخل العاكس سيصبح أقل من الجهد عند المدخل غير العاكس حيث أن المكثف C1 يحافظ على جهد المدخل غير العاكس وبالتالى يصبح خرج المكبر عالياً ومن ثم يعمل T1 مما يجعل جهد المدخل العاكس صفراً، الأمر الذى يجعل الدائرة فى حالة إمساك على هذه الحالة.

وتعمل R3, C2 كمرشح يمرر ترددات منخفضة تمنع أى تداخلات قادمة من عمل T1 وبعد فترة قصيرة تعتمد على ثبات الزمن (R5C3) فإن الترانزستور T2 يتحول لحالة الوصل مما يجعل الترانزستور T3 يتحول لحالة القطع فيتحول T4 لحالة الوصل ويعمل الريلاى RE ومن ثم يعمل بوق السيارة. ويمكن إيقاف البوق فى هذه الحالة بفتح المفتاح S1.

والجدير بالذكر أن المكثف C_3 يجب أن يكون تنتاليوم ولضبط الدائرة يجب ضبط المقاومة المتغيرة P_1 حتى تعمل الدائرة عند غلق المفتاح S_1 ثم غلق الأبواب وفتح أحد الأبواب الأمامية. فى هذه الحالة يعمل البوق بعد تأخير زمنى.

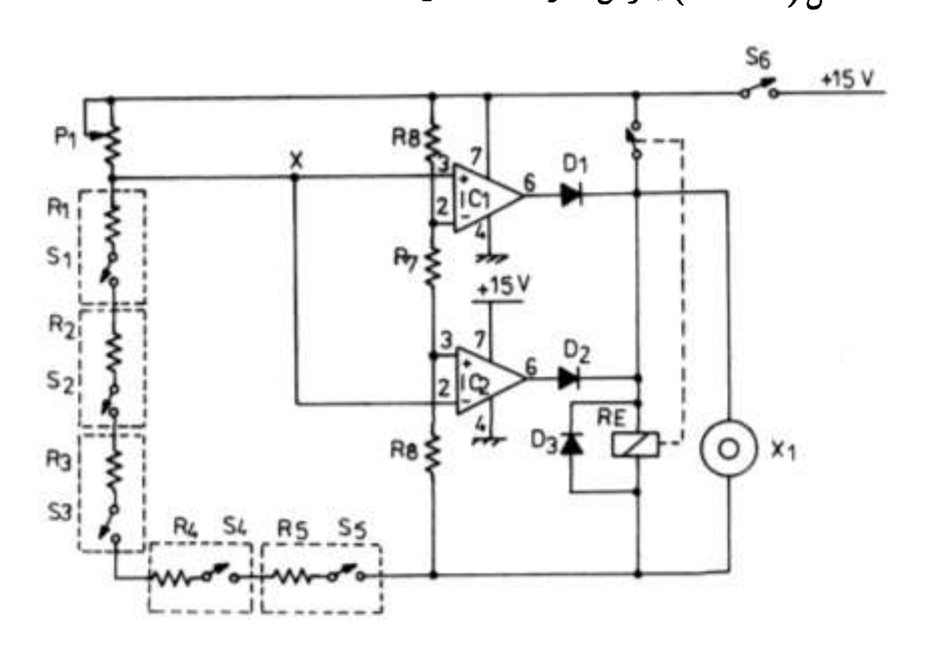
والشكل (٣ – ٢٠) يعرض ثلاثة نماذج مختلفة لمفاتيح نهايات المشوار Limit Switches فالشكل أ يعرض نموذجاً لمفتاح نهاية مشوار ببكرة بذراع تشغيل طويل والشكل ب يعرض نموذجاً لمفتاح نهاية مشوار ببكرة بذراع تشغيل قصير والشكل (جـ) يعرض نموذجاً لمفتاح نهاية مشوار بذراع.



الشكل (٣ – ٢٠)

دائرة رقم (١٨) دائرة الحماية من سرقة المنازل

الشكل (٣ – ٢١) يعرض دائرة حماية من سرقة المنازل باستخدام مكبر عمليات



الشكل (٣ – ٢١)

عناصر الدائرة:

مقاومات كربونية 10KΩ	$R_1 : R_5$
مقاومات كربونية 100KΩ	$R_6,\ R_8$
مقاومة كربونية 1 KΩ	R_7
مقاومة متغيرة 100KΩ	P_1
مكبرات عمليات 741	IC_1, IC_2
موحد سليكونى طراز 1N4148	D_1, D_2, D_3
مفاتيح نهايات مشوار صغيرة	$S_1 : S_5$
مفتاح قطب واحد بريشة واحدة	S_6
جرس يعمل عند جهد 12V	X_1
ريلاى يعمل عند جهد 15V ومقاومته أكبر من 200Ω	RE

نظرية عمل الدائرة:

توضع مفاتيح نهايات المشوار فى الشبابيك والأبواب المتوقع دخول أى لص منها وتوصل كما بالدائرة.

ويجب أن يكون مجموع المقاومات $R_1:\ R_5$ مساوياً 50KΩ وفى حالة زيادة عدد مفاتيح نهاية المشوار يجب تقليل قيمة المقاومة الموصلة على التوالى بحيث تصبح قيمة المقاومة الكلية 50KΩ.

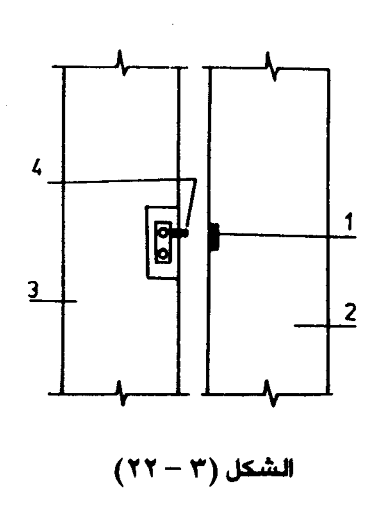
ولضبط الدائرة نغلق جميع الشبابيك والأبواب بغلق المفاتيح $S_1 : S_5$ ثم نضبط المقاومة المتغيرة P_1 حتى يتوقف جرس الإنذار. وعند خروج أهل المنزل يتم غلق المفتاح S_6 **فعند محاولة لص دخول المنزل فهناك احتمالين وهما:**

١ - محاولة قطع الحلقة الأمنية المؤلفة من المفاتيح $S_1 : S_5$ والمقاومات $R_1 : R_5$، وذلك عند فتح أحد الأبواب أو الشبابيك فى هذه الحالة يصبح جهد النقطة X مساوياً 15V فيصبح خرج IC_1 عالياً وبالتالى يصبح خرج بوابة OR المؤلفة من خرج المكبرين IC_1, IC_2 عاليًا فيعمل الريلاى RE ومن ثم يعمل الجرس.

٢ - محاولة اللص بإحداث قصر على أحد المفاتيح وأحد المقاومات الخاصة بالحلقة الأمنية مثل عمل قصر على المفتاح S_1 والمقاومة R_1 وبالتالى يقل جهد النقطة X فيصبح خرج المكبر IC_2 عالياً ومن ثم يصبح خرج بوابة OR المؤلفة من خرج المكبرين IC_1, IC_2 عالياً فيعمل الريلاى ومن ثم يعمل الجرس.

وفى كلتا الحالتين يقوم الريلاى RE بغلق الريشة المفتوحة له وبالتالى يحدث إمساك للريلاى ويعمل الجرس حتى يحضر أصحاب المنزل ليفتحوا المفتاح S6.

والشكل (٣ - ٢٢) يوضح طريقة تثبيت مفتاح نهاية مشوار مع الأبواب والشبابيك.



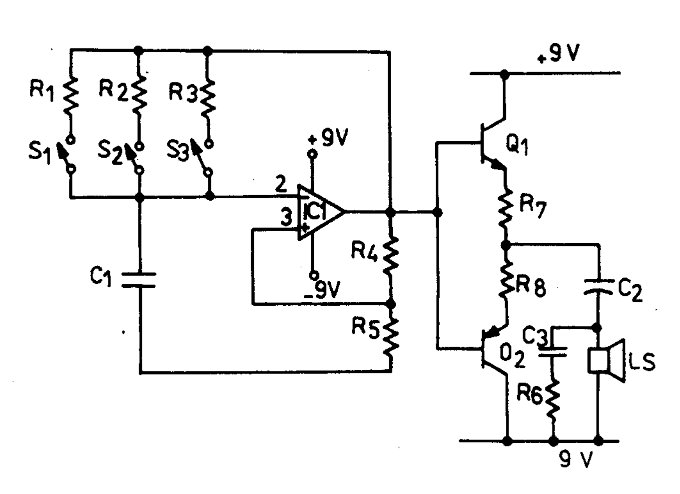
الشكل (٣ - ٢٢)

حيث إن :

لوح ضغط	1
الباب	2
حلق الباب	3
خابور أو بكرة مفتاح نهاية المشوار	4

دائرة رقم (١٩) دائرة إنذار تعطى ثلاثة أصوات مختلفة

الشكل (٣ - ٢٣) يعرض دائرة إنذار تعطى ثلاثة أصوات مختلفة.



الشكل (٣ – ٢٣)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 22KΩ	R1
مقاومة كربونية 10KΩ	R2
مقاومة كربونية 4.7KΩ	R3
مقاومة كربونية 100KΩ	R4, R5
مقاومة كربونية 27Ω	R6
مقاومة كربونية 1Ω	R7, R8
مكثف سيراميك 0.1µF	C1
مكثف كيميائى 100µF/25V	C2
مكثف سيراميك 0.01µF	C3
ترانزستور NPN طراز AC175	Q1

ترانزستور NPN طراز AC117	Q_2
دائرة متكاملة لمكبر عمليات 741	IC_1
سماعة مقاومتها 8Ω	LS

نظرية عمل الدائرة:

الدائرة التى بصددها تعمل كمذبذب لامستقر فعند غلق المفتاح S_1 يعمل المذبذب بتردد يساوى:

$$F = \frac{1}{2R_1C_1} = 227HZ$$

وعند غلق المفتاح S2 يعمل المذبذب بتردد يساوى:

$$F = \frac{1}{2R_2C_1} = 499\ HZ$$

وعند غلق المفتاح S3 يعمل المذبذب بتردد:

$$F = \frac{1}{2R_3C_1} = 1062HZ$$

وفى كل مرة تقوم الترانزستورات Q_1, Q_2 بتكبير خرج المكبر ليكون مناسباً لتشغيل السماعة LS وبالتالى نسمع ثلاثة أصوات مختلفة (صوت لكل تردد).

ويمكن استبدال المفاتيح $S_1 : S_3$ بمفاتيح عوامات لثلاثة خزانات مختلفة فبمجرد سماع صوت السماعة يمكن تمييز أى الخزانات قد امتلئت وهكذا.

والجدير بالذكر أنه يمكن استخدام هذه الدائرة فى أغراض مختلفة.

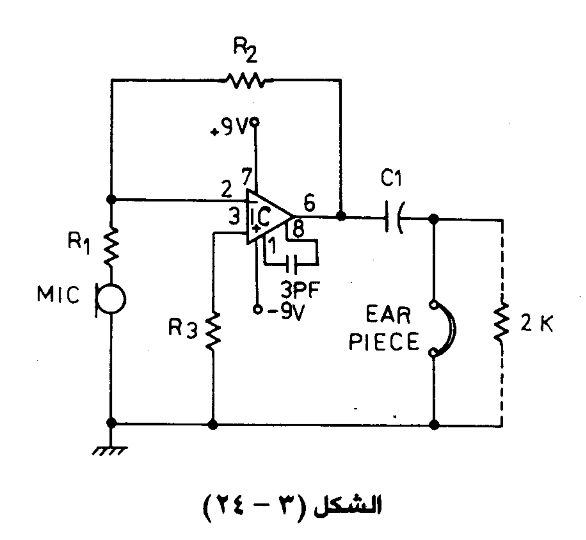
الدائرة رقم (٢٠) دائرة مكبر الميكروفون

الشكل (٣ - ٢٤) يعرض دائرة عملية بسيطة لمكبر ميكرفون له معاوقه صغيرة حيث يوصل الميكرفون بالمدخل العاكس لمكبر العمليات لصغر معاوقه الدخل لهذا المدخل.

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 1.2K	R_1, R_3
مقاومة كربونية 240K	R_2

ميكرفون له معاوقة صغيرة	MIC
مكثف كيميائى 10μF/25V	C_1
سماعة أذن مقاومتها 2000Ω	EAR PIECE
مكبر عمليات 741	IC_1



الشكل (٣ - ٢٤)

نظرية عمل الدائرة:

يعمل المكبر IC_1 كمكبر عاكس له كسب جهد يساوى

$$Av = \frac{-R_2}{R_1} = -200$$

والجدير بالذكر أنه يمكن استخدام مكبر عمليات 748 أو 709 بدلاً من مكبر العمليات 741 وفى هذه الحالة يجب توصيل مكثف بوليستير 3PF بين الأرجل 8-1 كما هو مبين بالشكل (٣ - ٢٤).

ويجب أن تكون مقاومة الميكرفون مساوية لقيمة المقاومة R_1 أى 1.2KΩ أما إذا استخدم ميكرفون مقاومته 600Ω يجب أن تكون قيمة المقاومة R_1 مساوية 600Ω أيضاً. وتباعاً يجب أن تقل قيمة المقاومة R_2 لتصبح مساوية 120KΩ.

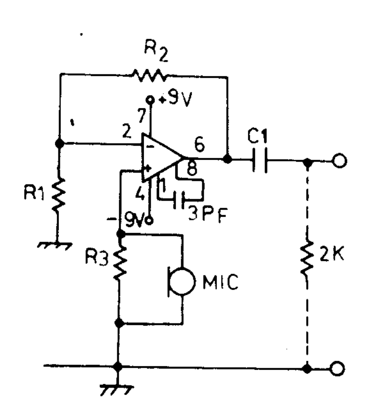
فإذا أردت توصيل سماعة بدلاً من سماعة الأذن يجب أن توصل مقاومة 2KΩ بخرج المكبر (المقاومة المنقطة) وإعادة تكبير خرج المكبر باستخدام دائرة مكبر قدرة

صوتية Audio power Amplifier .

أما فى حالة استخدام ميكرفون له معاوقة كبيرة ومصنوع من الكريستال أو السيراميك يجب استخدام الدائرة المبينة بالشكل (٣ - ٢٥) علماً بأن العناصر المستخدمة لا تختلف عن السابقة عدا أن المقاومة R3 أصبحت قيمتها 1MΩ .

الدائرة رقم (٢١) مكبر القدرة الصوتية

الشكل (٣ - ٢٦) يعرض دائرة مكبر قدرة صوتية حيث يمكن توصيله بخرج دائرة مكبر الميكرفون السابقة .



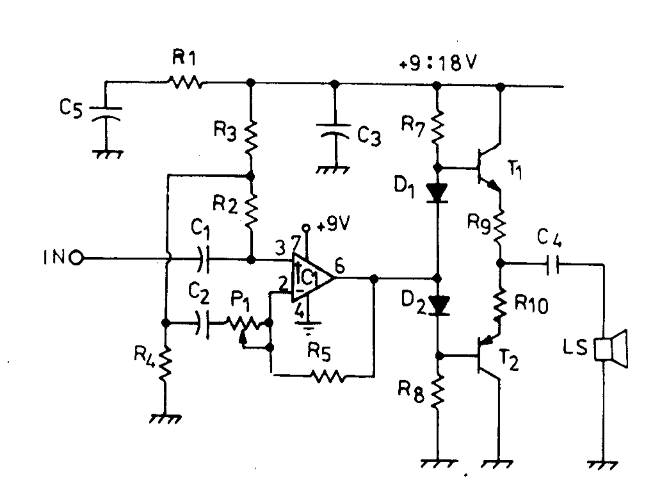
الشكل (٣ - ٢٥)

علماً بأن هذه الدائرة تحتاج لمصدر قدرة يتراوح ما بين (+9:18V) .

عناصر الدائرة :

مقاومة كربونية 1KΩ	R1
مقاومة كربونية 10KΩ	R2, R4
مقاومة كربونية 100KΩ	R3, R5
مقاومة كربونية 100Ω	R6
مقاومة كربونية 820Ω	R7, R8
مقاومة كربونية 12Ω	R9, R10

مقاومة متغيرة 2.2KΩ	P_1
مكثف كيميائى 1μF/25V	C_1, C_2
مكثف كيميائى 200μF/25V	C_3
مكثف كيميائى 220μF/25V	C_4
مكثف كيميائى 100μF/16V	C_5
موحدات سليكونية طراز 1N4148	D_1, D_2
ترانزستور NPN طراز BC141	T_1
ترانزستور PNP طراز BC161	T_2
مكبر عمليات 741	IC_1
سماعة 8Ω	LS



الشكل (٣ - ٢٦)

نظرية عمل الدائرة:

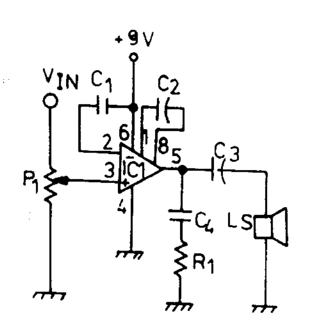
تدخل إشارة الدخل القادمة من مكبر الميكروفون إلى المدخل غير العاكس للمكبر IC_1 والذى له معاوقه دخل كبيرة، وبالتالى يكون تيار الدخل المسحوب صغيراً جداً.

أما المدخل العاكس لمكبر العمليات IC1 فيتم توصيله بكلٍّ من C2, R4 وتعمل C4 كدائرة مقصورة عند الترددات السمعية.

ويتم التحكم فى مستوى الصوت الصادر من السماعة LS بواسطة المقاومة المتغيرة P1، ويجب الحذر عند ضبط هذه المقاومة حتى لا يحدث حمل زائد على المكبر فالحمل الزائد يؤدى إلى وشوشة من السماعة لذلك يجب معايرة P1 بحيث لاتسمع أى طنين أو وشوشة فى حالة عدم وصول إشارة من مكبر الميكرفون.

وتعمل الترانزستورات T1, T2 على تكبير خرج المكبر الذى يعمل كمكبر غير عاكس، علماً بأن الترانزستورين T1, T2 يجب أن يكونا متتامين مثل:

(BC161 و BC141) أو (AC128 و AC127) أو (AC117 و AC175).
والجدير بالذكر أنه يمكن استخدام مكبر العمليات LM386 بدلاً من مكبر العمليات 741، حيث يمكن توصيل السماعة التى مقاومتها 8Ω مباشرة مع خرج المكبر LM386 بالطريقة المبينة بالشكل (٣ – ٢٧).



الشكل (٣ – ٢٧)

عناصر الدائرة:

مقاومة متغيرة 10KΩ	P1
مقاومة كربونية 10Ω	R1
مكثف سعته 0.1µF	C1
مكثف كيميائى 10µF/16V	C2

مكثف كيميائى 250µF/25V	C_3
مكثف بوليستير 0.05µF	C_4
مكبر عمليات طراز LM386	IC_1
سماعة مقاومتها 8Ω	LS

والجدير بالذكر أن المكثف C_2 يعطى كسب مقداره 200 للمكبر وتضاف المقاومة R_1 والمكثف C_4 لخمد الترددات العالية التى تحدث فى التأرجح السالب عند سحب تيار عالى من المكبر. أما المكثف C_1 فيعمل على ربط مصدر القدرة مع المكبر إذا كانت المسافة بين مكثف الترشيح لمصدر القدرة والمكبر أكبر من (5 : 8Cm).

الدائرة رقم (٢٢) مصدر قدرة منتظم يعطى جهد (3 : 15V)

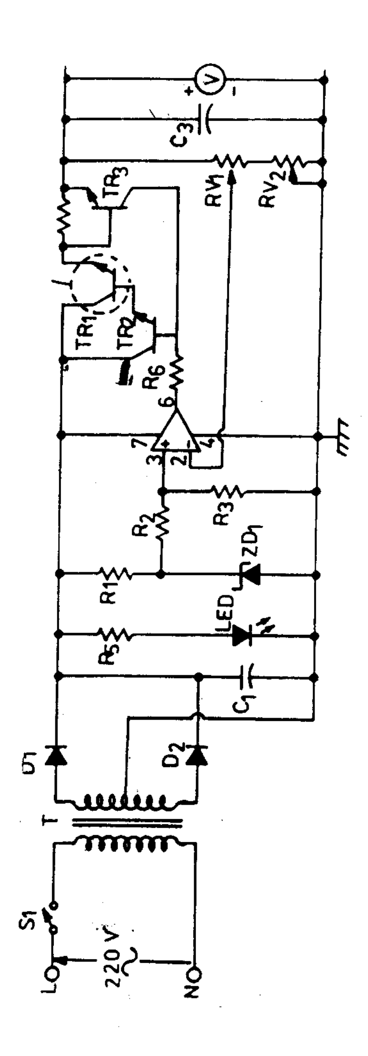
الشكل (٣ – ٢٨) يعرض دائرة مصدر قدرة منتظم يتراوح ما بين 15V : 3 وتياره الأقصى 500mA.

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 2.7KΩ وقدرتها 1W	R_1
مقاومة كربونية 3.9KΩ وقدرتها 1W	R_2
مقاومة كربونية 2.7KΩ وقدرتها 1W	R_3
مقاومة كربونية 0.5Ω وقدرتها 2W	R_4
أو مقاومة كربونية 0.68Ω وقدرتها 2W	
مقاومة كربونية 680Ω وقدرتها 1W	R_5
مقاومة كربونية 1.5KΩ وقدرتها 1W	R_6
مقاومة متغيرة 10KΩ وقدرتها 1W	RV_1, RV_2
مكثف كيميائى 1000µF/25V	C_1
مكثف بوليستير 0.1µF وجهده 160V	C_2

مكثف كيميائى 50μF وجهده 25V	C_3
دائرة متكاملة لمكبر عمليات 741	IC_1
ترانزستور NPN طراز 2N3054	TR_1
ترانزستور NPN طراز 2N3053	TR_2
ترانزستور NPN طراز BC107B أو BC108B	TR_3
موحد سليكونى طراز 1N4001	D_1, D_2
موحد زينر 6.8V وقدرته 400mW	ZD_1
موحد باعث للضوء 5mA	LED
محول 220/12-0-12V وتياره 1A	T
مفتاح سكة واحدة قطب واحد	S_1
صندوق بلاستيك	
مبدد حرارة للترانزستور TR_1	
فولتميتر قياس 0:30V	M

والجدير بالذكر أنه يمكن استبدال الترانزستورات TR_1, TR_2 بترانزستور دارلنجتون طراز NE10009؛ علماً بأن ترانزستور دارلنجتون يحتاج لمبدد حرارة.


LO
NO
S1
220 V
T
D1
D2
C1
R5
LED
R1
ZD1
R2
R3
3
2
7
4
6
R6
TR1
TR2
TR3
RV1
RV2
C3
V

الشكل (٣-٢٨)

نظرية عمل الدائرة:

يعمل مكبر العمليات IC_1 على مقارنة قيمة جهد الخرج بجهد الأساس المشكل بواسطة موحد الزينر ZD_1، ومجزئ الجهد المؤلف من R_2, R_3 ويقوم المكبر بتكبير الفرق بين جهد دخل المكبر غير العاكس والذى يساوى $\left(\frac{R_3}{R_2 + R_3}\right) V_Z$ مع جهد التغذية المرتدة V_{FB}.

وخرج المكبر يعمل على التحكم فى موصلية الترانزستورات TR_1, TR_2 واللذان يشكلان ترانزستور دارلنجتون ليبقى جهد الخرج ثابتاً.

ويقوم الترانزستور TR_3 والمقاومة R_4 بالحد من تيار خرج المنظم إذا تعدى 500mA حيث يتحول الترانزستور TR_3 لحالة الوصل، فيحدث قصر بين قاعدة TR_2 وباعث TR_1 فيتحولان لحالة القطع وينقطع خرج المنظم.

ويمكن ضبط جهد الخرج بواسطة المقاومة المتغيرة RV_1 والتى تثبت على وجه صندوق مصدر القدرة.

أما المقاومة المتغيرة RV_2 فتستخدم فى معايرة مصدر القدرة فى البداية لمنع تعدى جهد الخرج +15V.

الدائرة رقم (٢٣) التحكم فى درجة حرارة فرن صغير

الشكل (٣ – ٢٩) يعرض دائرة عملية تستخدم فى التحكم فى درجة حرارة فرن قدرته 150W مثل: فرن كريستالات الكوارتز.

عناصر الدائرة:

مقاومة متغيرة 10kΩ	R_1
مقاومة حرارية لها معامل حرارى سالب ومقاومتها عند الصفر المئوى 12KΩ	R_2
مقاومات كربونية 10KΩ	R_3, R_4
مقاومة كربونية 3.3KΩ	R_5

ترانزستور PNP طراز 2N6107 أو BDX34	T_1
سخان حرارى قدرته 150W يعمل عند 15V	Heater
مكبر عمليات 741	IC_1

نظرية التشغيل:

يعمل مكبر العمليات IC_1 كمقارن حيث يقارن جهد المدخل العاكس والذى يعتمد على قيمة المقاومة R_1 (جهد الأساس) والمقاومة الحرارية. R_2،والتى قيمتها تعتمد على درجة حرارة الفرن، وذلك مع جهد المدخل غير العاكس وتعمل R_3,R_4 كمجزىء جهد، وحيث إنهما متساويتان لذلك فإن جهد المدخل غير العاكس يساوى نصف جهد المصدر أى 7.5V. فعند ارتفاع درجة حرارة الفرن فإن قيمة المقاومة R_2 ستنخفض، وبالتالى يقل جهد المدخل العاكس عن جهد المدخل غير العاكس، فيصبح خرج المكبر عالياً، وبالتالى يتحول ترانزستور القدرة T_1 لحالة القطع ليفصل السخان.

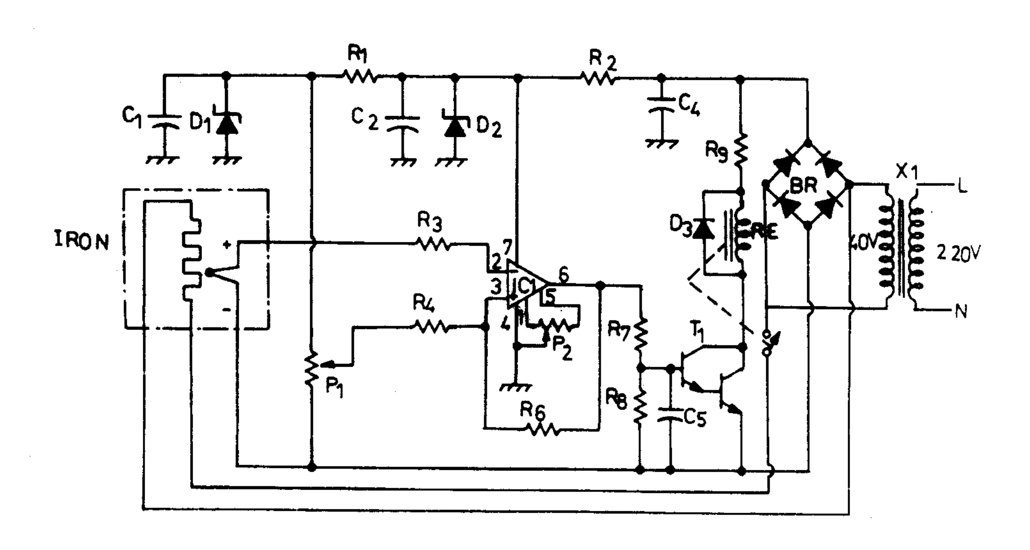
الشكل (٣ - ٢٩)

وعند انخفاض درجة حرارة الفرن، تزداد قيمة المقاومة R_2، وعند انخفاض درجة حرارة الفرن عن القيمة المعاير عليها بواسطة المقاومة المتغيرة R_1 يصبح جهد المدخل العاكس أكبر من جهد المدخل غير العاكس فيصبح جهد المكبر صفراً، ويتحول الترانزستور T_1 لحالة الوصل ويعمل السخان من جديد. والجدير بالذكر أن المقاومة الحرارية يجب أن تكون ملتصقة بعنصر التسخين، وهذه الدائرة مناسبة للتحكم فى درجة حرارة الفرن من (60 : 70°C) عندما تكون درجة الحرارة المحيطة تتراوح ما بين

.(0:40°C)

الدائرة رقم (٢٤) كاوية اللحام الالكترونية

الشكل (٣ – ٣٠) يعرض دائرة كاوية اللحام الالكترونية.



الشكل (٣ – ٣٠)

عناصر الدائرة :

مقاومة كربونية 560Ω	R_1
مقاومة كربونية 1.8Ω وقدرتها 2W	R_2
مقاومة كربونية 100K	R_3
مقاومة كربونية 330K	R_4
مقاومة كربونية 1K	R_5
مقاومة كربونية 5.6MΩ	R_6

مقاومة كربونية 6.8KΩ	R_7
مقاومة كربونية 8.2KΩ	R_8
مقاومة كربونية 470Ω وقدرتها 2W	R_9
مقاومة متغيرة 10KΩ	P_1
مقاومة متغيرة 100KΩ	P_2
مكثف كيميائى 47µF وجهده 16V	C_1
مكثف كيميائى 470µF وجهده 16V	C_2
مكثف بوليستير 10nF	C_3
مكثف كيميائى 100µf/ 63V	C_4
مكثف كيميائى 10µf/16V	C_5
ترانزستور دارلنجتون طراز BC517	T_1
قنطرة توحيد تتكون من أربعة موحدات طراز 1N4002	BR
ريلاى جهده 12V ومقاومته 240Ω	RE
مكبر عمليات طراز CA3130	IC_1
كاوية لحام تعمل عند جهد 40V ومزودة بازدواج حرارى له نسبة تحويل 50mV/100°C	IRON

نظرية عمل الدائرة:

يستخدم مكبر العمليات IC_1 كمقارن حيث يقارن جهد خرج الازدواج الحرارى الداخل على المدخل العاكس مع جهد الأساس المعاير بواسطة المقاومة المتغيرة P_1 والذى يتراوح ما بين (0 : 4.7V) والداخل على المدخل غير العاكس.

فعندما يكون جهد خرج الازدواج الحرارى أقل من جهد الأساس فإن خرج المكبر IC_1 سيكون عالياً، وبالتالى يتحول T_1 لحالة الوصل ويعمل الريلاى RE وتكتمل

دائرة كاوية اللحام. وعند وصول جهد خرج الازدواج الحرارى لقيمة أعلى من جهد الأساس فإن خرج المكبر IC_1 سيصبح منخفضاً (0V) ، وبالتالى يتحول T_1 لحالة القطع، ومن ثم يتحول الريلاى RE لحالة القطع وينقطع التيار الكهربى عن الكاوية.

وتقوم المقاومة R_6 بتقديم رجوعية لمنع حدوث وصل وفصل سريع للكاوية.

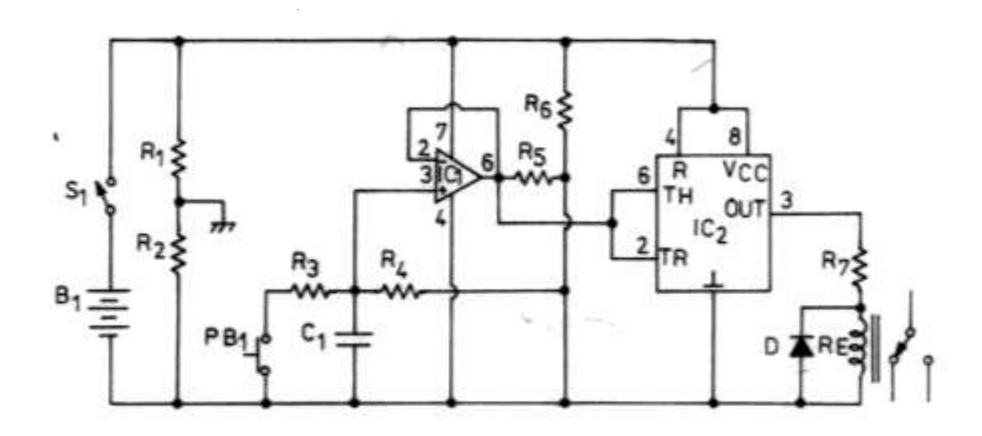
أما الموحدات D_1, D_2 فتقوم بتثبيت جهد الأساس.

معايرة الكاوية:

فى البداية يتم وضع المقاومة المتغيرة P_2 عند أقصى قيمة لها فبمجرد توصيل التيار الكهربى للدائرة يعمل الريلاى RE ويقاس خرج الازدواج الحرارى (مجس الحرارة) بواسطة جهاز قياس ملى فولتميتر mV ويتم ضبط P_2 بحيث يفصل الريلاى عند وصول خرج الازدواج الحرارى إلى 20mV والذى يقابل 400°C .

الدائرة رقم (٢٥) المؤقت الذى يؤخر عند التوصيل 1100S

من المعروف أن استخدام مكثفات كيميائية ذات سعات عالية مع المؤقت 555 فإن زمن التأخير يكون غير دقيق نتيجة للتسربات العالية فى هذه المكثفات. وللتغلب على ذلك يمكن استخدام هذه الدائرة المبينة بالشكل (٣ - ٣١).



الشكل (٣ - ٣١)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 4.7KΩ	R_1
مقاومة كربونية 1.5KΩ	R_2
مقاومة كربونية 100Ω	R_3, R_5
مقاومة كربونية 10MΩ	R_4
مقاومة كربونية 10KΩ	R_6
مقاومة كربونية 60 Ω	R_7
مكثف بوليستير 1µF	C_1
مكبر عمليات طراز LF356	IC_1
مؤقت 555	IC_2
ضاغط بريشة مفتوحة	PB_1
مفتاح قطب واحد سكة واحدة	S_1
موحد طراز 1N4001	D_1
ريلاى جهده 12V ومقاومته 240Ω	RE
بطارية جهدها 9V	B_1

نظرية عمل الدائرة:

تستخدم المقاومات R_1, R_2 للحصول على أرضى افتراضى. فعند الضغط على الضاغط PB_1 فإن المكثف C_1 سيفرغ شحنته عبر المقاومة R_3 والضاغط PB_1، وتباعاً فإن خرج مكبر الوحدة IC_1 سيكون منخفضاً، وبالتالى يصبح خرج المؤقت 555 عالياً.

وبعد تحرير الضاغط PB_1 فإن تيار صغير سوف يمر فى المسار R_6, R_4, C_1 ليشحن المكثف C_1 وعند وصول جهد المكثف C_1 إلى حوالى 2/3 جهد البطارية أى 6V فإن

خرج المكبر IC_1 سيصبح عالياً، ومن ثم يصبح خرج المؤقت 555 منخفضاً.

ويمكن اعادة دورة التشغيل بإعادة الضغط على الضاغط PB_1 مرة أخرى.

ويمكن الحصول على زمن خروج النبضة العالية من المؤقت 555 من المعادلة التالية.

$$T = 1.1 C_1 R_4 \left(\frac{R_6}{C_5} \right)$$

$$= 1100 \text{ Sec}$$

وأثناء خروج النبضة العالية من المؤقت فإن مسار الريلاى RE سيكتمل وتتغير حالة ريش الريلاى فتفتح الريشة المغلقة وتغلق الريشة المفتوحة.

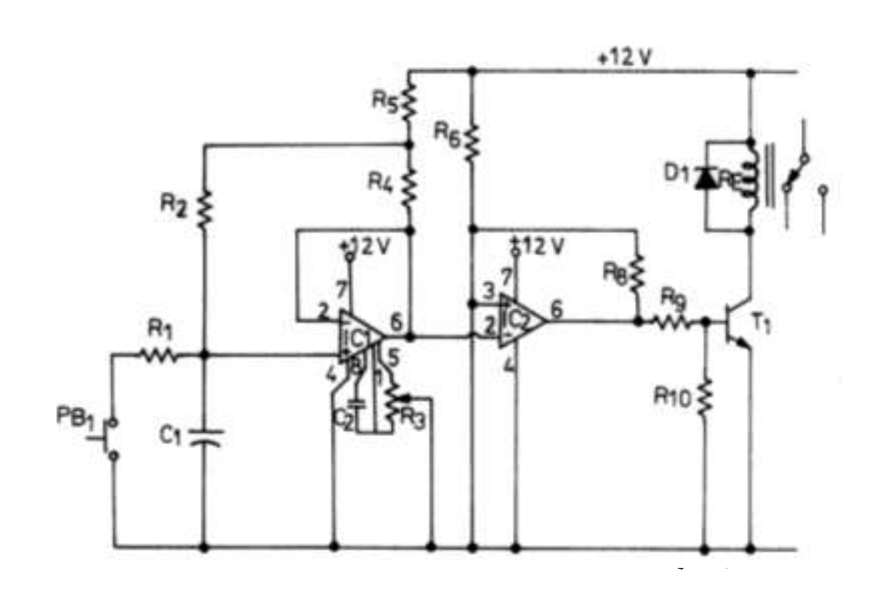
الدائرة رقم (٢٦) المؤقت الذى يؤخر عند التوصيل (0 : 1000S)

الشكل (٣ – ٣٢) يعرض دائرة مؤقت زمنى يؤخر عند التوصيل زمن يتراوح ما بين (0sec : 1000sec).

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 100Ω	R_1, R_4
مقاومة كربونية 1MΩ	R_2
مقاومة متغيرة 100KΩ	R_3
مقاومة كربونية 10KΩ	R_5
مقاومة كربونية 3.3KΩ	R_6
مقاومة كربونية 5.6KΩ	R_7
مقاومة كربونية 10MΩ	R_8
مقاومة كربونية 4.7KΩ	R_9
مقاومة كربونية 1KΩ	R_{10}
مكثف كيميائى 10µf/16V	C_1

موحد طراز 1N4148أو 1N914	D1
ترانزستور NPN طراز BC107	T1
مكبر عمليات طراز 3130	IC1
مكبر عمليات طراز 741	IC2
ريلاى جهده 12Vومقاومته لا تقل عن 120Ω	RE
ضاغط بريشة مفتوحة	PB1



الشكل (٣ - ٣٢)

نظرية عمل الدائرة :

عند الضغط على الضاغط PB1 فإن المكثف C1سوف يفرغ شحنته ويصبح خرج المكبر IC1 والموصل كمكبر وحدة صفراً. وبالتالى يكون جهد دخل المدخل العاكس للمكبر IC2 والموصل كمقارن صفراً، ومن ثم فإن جهد المدخل غير العاكس للمكبر IC2 والقادم من مجزىء الجهد R6, R7 أكبر من جهد المدخل غير العاكس، والنتيجة أن يصبح خرج المكبر IC2 عالياً.

والجدير بالذكر أن الجهد المشكل على المقاومة R4 يساوى 120mV، لذلك فإن

المكثف C_1 سوف يشحن من خلال المقاومة R_2 بتيار قيمته 120nA ، وعندما يشحن المكثف C_1 يصبح خرج المكبر IC_1 عالياً، وعندما يتعدى جهد خرج IC_1 الجهد 7.5V فإن ذلك يعنى أن جهد المدخل العاكس للمكبر IC_2 أكبر من جهد المدخل غير العاكس فيصبح خرج المكبر IC_2 منخفضاً (0V) .

والمعادلة التالية تعطى زمن التأخير :

$$T = R_2C_1 \left(1 + \frac{R_5}{R_4} + \frac{R_5}{2}\right) \ln\left(1 + \frac{R_7}{R_6}\right)$$

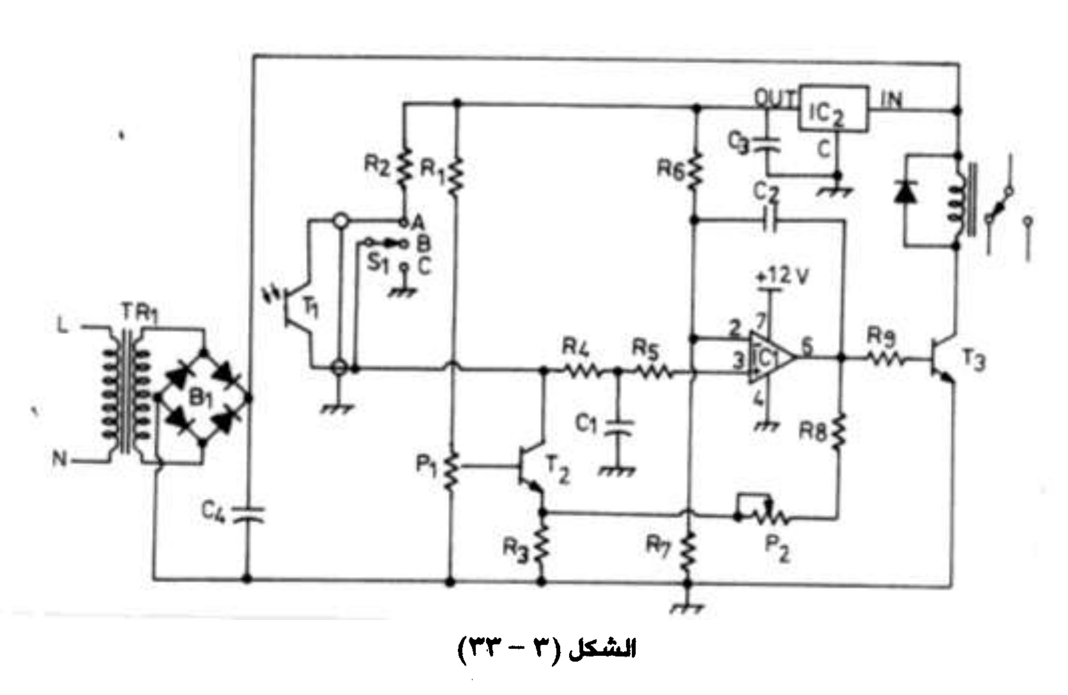
$$= 0.001\, R_2 \qquad (S)$$

وباستبدال المقاومة R_2 بمقاومة متغيرة مقدارها 1MΩ ، يمكن تغيير زمن تأخير المؤقت فى المدى (0:1000S) .

والجدير بالذكر أن التغذية المرتدة الموجبة للمكبر IC_2 بواسطة R_8 تمنع حدوث تكبير لأى ضوضاء قادم من المكبر IC_1 بواسطة المكبر IC_2 .

الدائرة (٢٧) الخلية الضوئية المرتكزة على مكبر عمليات

الشكل (٣ – ٣٣) يعرض دائرة خلية ضوئية تنعكس حالة ريشها فى ضوء النهار .



الشكل (٣ – ٣٣)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 22KΩ	R_1, R_2
مقاومة كربونية 100Ω	R_3
1MΩ	R_4
مقاومات كربونية 100KΩ	R_5, R_6, R_7
مقاومة كربونية 1KΩ	R_8
مقاومة كربونية 10KΩ	R_9
مقاومة متغيرة 2.5KΩ	P_1
مكثف كيميائى 1µF/16V	C_1, C_3
مكثف بوليستير 10nF	C_2
مكثف كيميائى 470µF/25V	C_4
ترانزستور NIN ضوئى طراز TIL81 أو BP103	T_1
ترانزستور NpN طراز BC547B	T_2, T_3
قنطرة توحيد طراز B80C1500	B_1
دائرة متكاملة لمكبر عمليات طراز CA3130	IC_1
منظم جهد طراز 78L12A	IC_2
ريلاى يعمل عند جهد 20V ومقاومته لا تقل عن 200A	RE_1
محول 220/15V وتياره 1A	TR_1
مفتاح قطب واحد سكتين.	S_1

نظرية عمل الدائرة

عند سقوط ضوء النهار على الترانزستور الضوئى T_1 يتحول الترانزستور لحالة الوصل، فيتوزع التيار المار فى هذا الترانزستور بين الترانزستور T_2 وكل من (R_4, C_1)،

وحيث إن الترانزستور T_2 يعمل كمصدر تيار، وبالتالى فلن يمر تيار فى كل من (R_4, C_1) طالما أن التيار المار فى T_1 أقل من التيار المار فى T_2، وهذا يحدد بواسطة المقاومة المتغيرة P1.

ولكن عندما يكون التيار المار فى T_1 أكبر من التيار المار فى الترانزستور T_2 فإن بعض التيار المار فى الترانزستور T_1 سوف يمر عبر المقاومة R_4، ليشحن المكثف C_1. وعندما يصبح الجهد المشكل على أطراف المكثف C_1 أكبر من 6V يصبح خرج المكبر IC_1 عالياً، فيمر تيار كهربى عبر المقاومات R_3, P_2, R_8، وهذا سيؤدى إلى حدوث تغير طفيف فى التيار المار فى T_2 . وبالتالى لو انخفض التيار المار فى T_1 فإن ذلك لن يعيد الدائرة لوضعها الطبيعى.

وتعتمد هذه الرجوعية على ضبط المقاومة المتغيرة P_2؛ علماً بأن الرجوعية تمنع حدوث تذبذب للدائرة حول نقطة العمل.

ويمكن استبدال الترانزستور الضوئى بموحد ضوئى أو بمقاومة تعتمد على الضوء، ولكن الترانزستور الضوئى يعطى أداء أفضل خصوصاً إذا كان الفرق بين ضوء وصل وضوء فصل الدائرة صغير.

ويمكن إستبعاد المقاومة R_4 والمكثف C_1 علماً بأن وجودهم فى الدائرة يعمل على زيادة الرجوعية وذلك بإحداث تأخير فى وصول إشارة الدخل إلى مكبر العلميات IC_1.

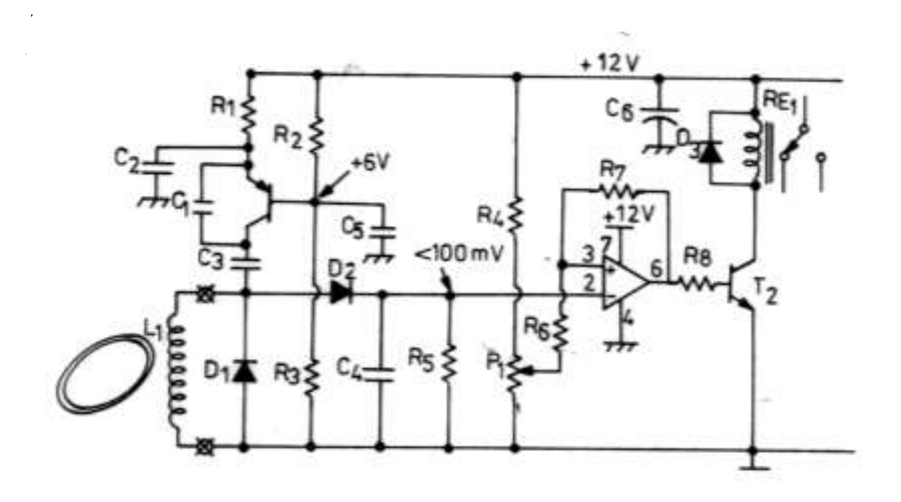
وتسحب الدائرة حوالى 10mA بالإضافة إلى تيار الريلاى.

ولهذه الدائرة ثلاثة أوضاع وهم كالأتى:

وضع OFF وذلك بوضع المفتاح S_1 على وضع C، ووضع ON بوضع المفتاح S_1 على وضع A. ووضع التشغيل الأتوماتيكى Aut وذلك بوضع المفتاح S_1 على وضع B.

الدائرة رقم (٢٨) كاشف اقتراب الأجسام المعدنية (المفتاح التقاربى)

الشكل (٣ – ٣٤) يعرض دائرة مفتاح تقاربى يعمل عند اقتراب الأجسام المعدنية.



الشكل (٣ - ٣٤)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 10MΩ	R_1
مقاومة كربونية 1.5KΩ	R_2, R_3
مقاومة كربونية 4.7KΩ	R_4, R_8
مقاومة كربونية 100KΩ	R_5
مقاومة كربونية 1KΩ	R_6
مقاومة كربونية 1MΩ	R_7
ملف غير محمى بشبكة 100mH	L_1
مكثف بوليستير 82PF	C_1
مكثف بوليستير 220PF	C_2
مكثف بوليستير 8.2PF	C_3
مكثف بوليستير 47nF	C_4

مكثف بوليستير 180nF	C_5
مكثف كيميائى 10μF/16V	C_6
ترانزستور PNP طراز BC557B	T_1
ترانزستور PNP طراز BC547B	T_2
موحد طراز AA119	D_1, D_2
موحد طراز 1N4148	D_3
ريلاى جهده 12V ومقاومته أكبر من 240Ω	RE_1

نظرية عمل الدائرة:

يقوم هذا المفتاح بإعطاء بيان عند اقتراب جسم معدنى (حديد) منه ويقوم الملف L_1 يمثل أحد عناصر مذبذب كولبيت Colpitt المؤلف من R_1, R_2, R_3, L_1 بتوليد مجال مغناطيسى يتأثر بتقارب الأجسام المعدنية منه. فعند اقتراب جسم معدنى من الملف L_1 ينخفض المجال المغناطيس، مما يؤدى إلى توقف المذبذب والذى يعمل فى الحالة الطبيعية بتردد (70HZ). ويتم توحيد خرج المذبذب بواسطة الموحدات D_1, D_2 ، ويتم مقارنة خرج المذبذب الموحد بواسطة مكبر العمليات IC_1، وجهد الأساس المعاير بواسطة المقاومة المتغيرة P_1، وفى حالة زيادة جهد خرج المذبذب عن جهد الأساس فإن خرج المكبر سيكون منخفضاً. وعندما يكون جهد خرج المذبذب أقل من جهد الأساس وذلك عند اقتراب جسم معدنى يصبح خرج المكبر IC_1 عالياً، فيعمل الترانزستور T_2 ومن ثم يعمل الريلاى RE_1 وتتغير حالة ريشه.

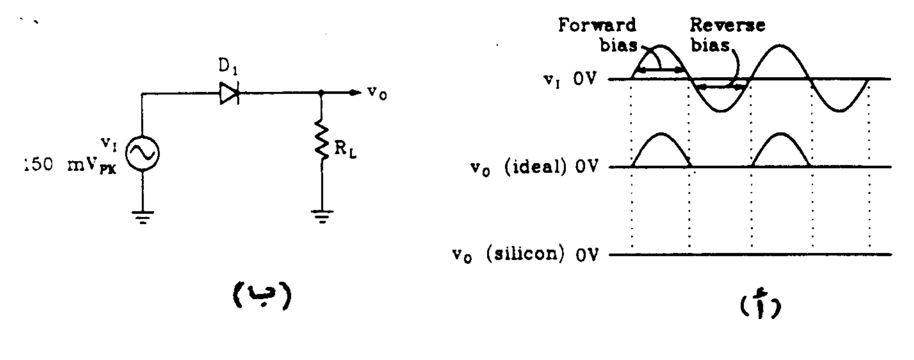
ولضبط الدائرة يجب توصيل التيار الكهربى بالدائرة، ثم ضبط قيمة P_1 عند أقل قيمة بحيث لا يعمل الريلاى RE_1 ولتقليل حساسية الدائرة نزيد قيمة P_1 قليلاً.

ملاحظة :

إذا لم تعمل الدائرة عند أى وضع للمقاومة المتغيرة P1 فإن هذا يلزمه تقليل قيمة المقاومة R1 ، وهذا يمكن تحقيقه باستبدال المقاومة R1 بمقاومة متغيرة 10MΩ .

الدائرة رقم (٢٩) الموحد المثالى

الشكل (٣ - ٣٥) يعرض دائرة لدائرة توحيد نصف موجة باستخدام الموحد D1 (الشكل أ)، وخرج موجات الدخل والخرج المثالى Vo(Ideal) والخرج الفعلى لموحد السليكون Vo(Silicon) .



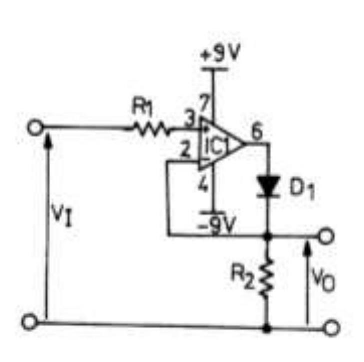
الشكل (٣ - ٣٥)

فيلاحظ أن الموحد المثالى يعمل فى هذه الحالة على إمرار نصف الموجة الموجبة، لأن الموحد يمنع مرور نصف الموجه السالبة . وفى الحقيقة هذا الكلام غير صحيح إذا كان جهد إشارة الدخل أقل من 0.7V، وذلك لأن فقد الجهد فى الموحد السليكونى يكون مساوياً (0.6 : 0.7V) الأمر الذى يجعل خرج الموحد السليكونى صفراً إذا كان أقصى جهد لإشارة الدخل أقل من 0.7V .

والشكل (٣ - ٣٦) يعرض دائرة موحد مثالى باستخدام مكبر عمليات طراز 741 .

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 10KΩ	R_1, R_2
موحد سليكونى طراز 1N4148	D_1
دائرة متكاملة طراز 741	IC_1



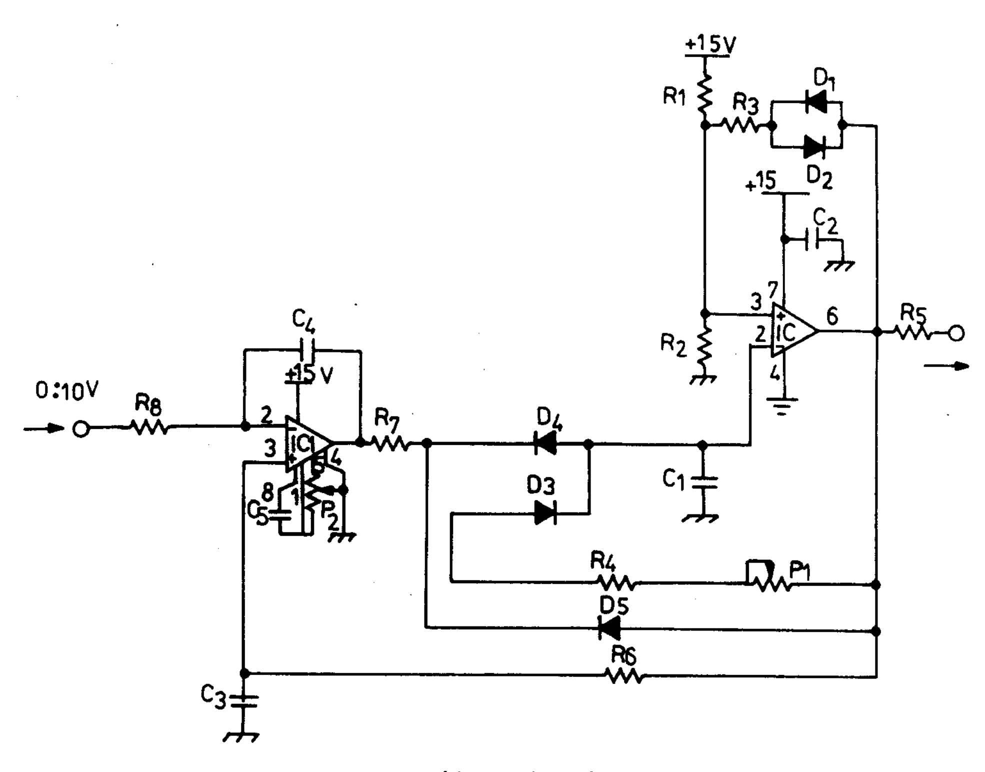
الشكل (٣ - ٣٦)

نظرية عمل الدائرة:

يكون دخل مكبر العمليات IC_1 هو الفرق بين إشارة الدخل Vi وإشارة الخرج Vo ويتحول الموحد D_1 لحالة الوصل عندما يكون (Vi-Vo)Av أكبر من جهد الانحياز الأمامى للموحد والذى يساوى (0.6:0.7V) ، وحيث إن معامل كسب الدائرة المفتوحة Av يساوى 100 000؛ لذلك فإنه يمكن توحيد أى موجة جهدها الأقصى لا يتعدى ملى فولتات (mV).

الدائرة رقم (٣٠) محول جهد لتردد VCO خرجه موجات مربعة

الشكل (٣ - ٣٧) يعرض دائرة محول جهد لتردد VCO خرجه موجات مربعة.



الشكل (٣ - ٣٧)

عناصر الدائرة:

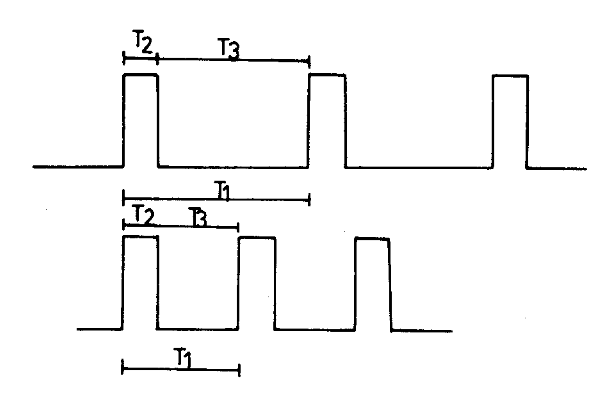
مقاومة كربونية 100KΩ	R1, R2, R3
مقاومة كربونية 180KΩ	R4
مقاومة كربونية 10KΩ	R5
مقاومة كربونية 1MΩ	R6, R8
مقاومة كربونية 1KΩ	R7
مقاومة متغيرة 10KΩ	P1
مقاومة متغيرة 100KΩ	P2
مكثف بوليستير 470PF	C1

مكثف بوليستير 100nF	C_2
مكثف بوليستير 10nF	C_3, C_4
مكثف بوليستير 82PF	C_5
مكبرات عمليات طراز CA3130	IC_1
موحدات سليكونية طراز 1N4148	D_1 - D_5

نظرية عمل الدائرة :

يعمل IC_1 كمحول جهد لتردد بالطريقة التالية، لنفرض أن خرج المكبر IC_1 فى البداية يساوى جهد التشبع +Vsat أى (+13V)، فى هذه الحالة فإن المكثف C_1 سيشحن عبر D_3, R_4, P_1 فى ثابت زمن مقداره $C_1 (R_4 + P_1)$ حتى يتعدى الجهد على المدخل العاكس للمكبر IC_1 قيمة الجهد على المدخل غير العاكس. وبإهمال فقد الجهد فى D_1, D_2 فى هذه اللحظة فإن الجهد على المدخل غير العاكس سيساوى تقريباً 10V نظراً لأن R_1, R_3, R_4 يعملون كمجزىء جهد لجهد المصدر (+15V)، وبالتالى يصبح خرج المكبر IC_1 صفراً (لأن المكبر يغذى من مصدر قدرة أحادى) ويصبح الجهد عند المدخل غير العاكس مساوياً +5V، فيقوم المكثف C_1 بتفريغ شحنته فى مخرج المكبر IC_2 بمعدل يعتمد على قيمة R_7 وجهد خرج IC_2 حتى يصبح جهد المدخل العاكس للمكبر IC_1 أقل من 5V ، فى هذه الحالة يصبح خرج IC_1 مساوياً +15V وتتكرر الدورة من جديد .

والشكل (٣ – ٣٨) يعرض شكل موجات خرج المكبر IC_1 عندما يكون التردد صغيراً (الشكل أ)، وعندما يكون التردد كبيراً (الشكل ب) .



الشكل (٣ - ٣٨)

والجدير بالذكر أن خرج IC_1 يتم ترشيحه لجعله خرج مستمر ثابت بواسطة R_6, C_3، ويكون قيمة جهد الخرج مساوياً V_2 والذى يساوى

$$V_2 = \frac{13 * T_2}{T_1}$$

وحيث إن T_2 ثابتة؛ لذلك فإن V_2 تتناسب عكسياً من T_1، أى أن V_2 يتناسب طردياً مع تردد الخرج.

ونظراً لأن جهد الدخل V_1 يوصل مع المدخل العاكس للمكبر IC_2، فإذا كانت V_1 أقل من V_2 فإن خرج IC_2 يصبح موجباً، أما إذا كان V_1 أكبر من V_2 يصبح خرج IC_2 صفراً، وهذا يجعل المكثف C_1 يشحن بسرعة جداً ويقلل من T_1. وعند تساوى V_2, V_1 فإن خرج IC_2 يصبح ثابتاً.

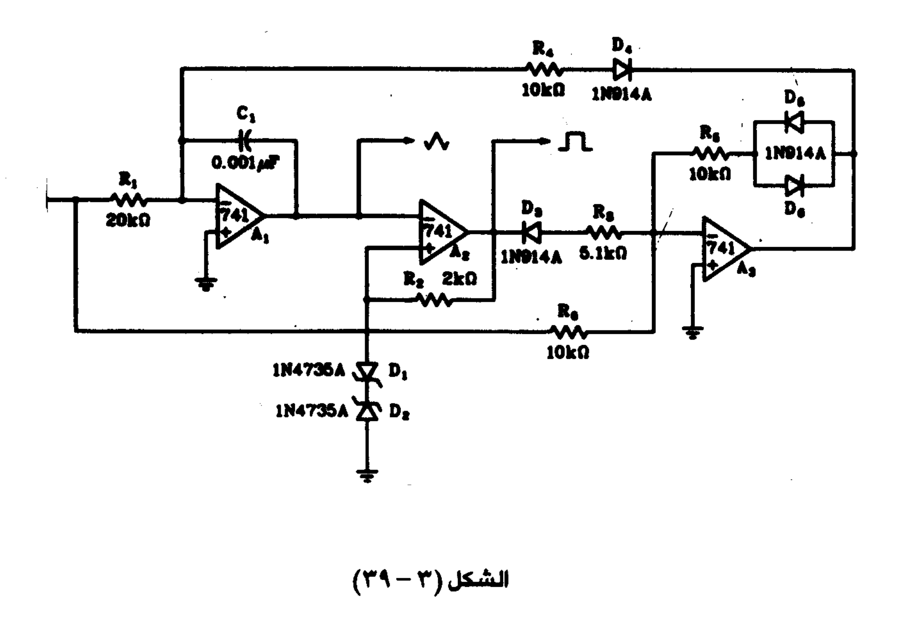
وتصل هذه الدائرة لحالة الإتزان عندما يكون $V_1 = V_2$، وحيث إن تردد الخرج يتناسب طردياً مع V_2؛ لذلك فإن تردد الخرج يتناسب طردياً مع V_1. ويمكن بواسطة المقاومة المتغيرة P_1 ضبط النسبة بين (التردد/ الجهد) بقيمة تساوى (1KHZ/Volt).

الدائرة رقم (٣١) محول جهد لتردد VCO خرجه موجات مثلثة ومربعة

الشكل (٣ – ٣٩) يعرض دائرة محول جهد لتردد VCO خرجه موجات مثلثة وموجات مربعة .

عناصر الدائرة :

مقاومة كربونية 20KΩ	R_1
مقاومة كربونية 2KΩ	R_2
مقاومة كربونية 5.1KΩ	R_3
مقاومة كربونية 10KΩ	R_4, R_5, R_6
موحدات زينرطراز 1N4735A	D_1, D_2
موحدات سليكونية طراز 1N914A	$D_3 : D_6$
مكثف كيميائى 0.001F وجهده 16V	C_1
مكبرات عمليات طراز 741	$A_1 : A_3$


R1
20kΩ
C1
0.001μF
741
A1
741
A2
R2
2kΩ
1N4735A
D1
1N4735A
D2
D3
1N914A
R3
5.1kΩ
R4
10kΩ
D4
1N914A
R5
10kΩ
D5
1N914A
D6
741
A3
R6
10kΩ

الشكل (٣-٣٩)

نظرية التشغيل:

بفرض أن D_4 منحازًا عكسيًا فى البداية، لذلك فإنه يصبح كما لو كان مفتاحًا مفتوحًا ، وبالتالى فإن جهد الدخل V_{IN} والمقاومة R_1 سيحددان تيار التغذية المرتدة للمكبر A_1 والمسار من مخرج إلى المدخل A_1 العاكس (−) عبر المكثف C_1، فيشحن المكثف C_1، علما بأن الجهد على المكثف C_1 سيزداد خطيا لثبات تيار الشحن، وحيث إن الجهة اليسرى للمكثف C_1 موصل بالأرضى الافتراضى، وبالتالى يكون خرج مكبر العمليات موجة خطية متزايدة **Ramp** (موجة مثلثة) ويدخل خرج المكبر A_1 (الموجة المثلثة) إلى المدخل العاكس (−) للمكبر A_2 والذى يعمل كمقارن برجوعية (ارجع للفقرة ١/٦/٦)، فعندما يكون جهد **Ramp** أعلى من جهد المدخل غير العاكس الأدنى (العتبة السفلى) والذى يساوى:

$$V_{LT} = - V_{ZD1} - V_{FD2}$$

حيث إن:

العتبة السفلية	V_{LT}
جهد انهيار موحد الزينر	V_{ZD1}
فقد لجهد فى موحد الزينر D_2	V_{FD2}

فإن خرج المكبر A_2 يصبح **Vsat+** ويعمل هذا الجهد على إحداث انحياز عكسى للموحد D_3، ويعمل المكبر A_3 كمكبر عاكس بسيط ويكون خرجه مساويًا **Vsat**- ويتواجد جهد مساوى V_{IN}- على يمين المقاومة R_4. وحيث إن قيمة R_4 تساوى نصف قيمة R_1 أو يزيد؛ لذلك فإن التيار المار فى المقاومة R_4 متوقع أن يكون ضعف التيار فى المقاومة R_1، ولكن فى عكس الاتجاه. والتيار المار فى R_4 لن يلاشى التيار فى R_1، ولكن يغذى تيارًا عكسيًا للمكثف C_1، وبالتالى فإن C_1 سوف يشحن بنفس المعدل فى الاتجاه المعاكس، ويظل الجهد على C_1 يزداد إلى أن يتعدى جهد المدخل غير العاكس الأقصى (العتبة العلوية) والذى يساوى:

$$V_{UT} = V_{ZD1} + V_{FD1}$$

حيث إن :

العتبة العلوية	V_{UT}
جهد انهيار موحد الزينر D2	V_{ZD1}
فقد الجهد فى موحد الزينر D1	V_{FD2}

وبالتالى يصبح خرج المكبر A_2 مساوياً Vsat-، ومن ثم يصبح خرج + Vsat+ A_3 ويصبح الموحد D_4 منحازاً عكسياً، ونعود للحالة الثانية التى بدأ منها، ويكون تردد الخرج مساوياً

$$F = \frac{V_{IN}}{2R_1C_1\,(V_{UT} - V_{LT})}$$

وحيث إن :

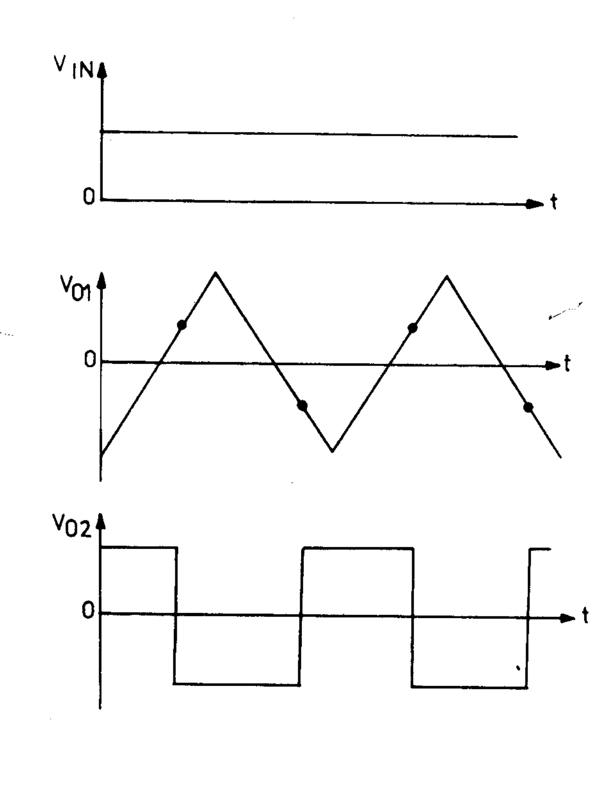
$$V_{UT} = 6.2 + 0.6 = 6.8$$

$$V_{LT} = - 6.2 - 0.6 = - 6.8$$

لذلك فإن :

$$F = 1838235\ V_{IN}$$

والشكل (٣ – ٤٠) يعرض العلاقة بين موجات الدخل والخرج لهذه الدائرة.



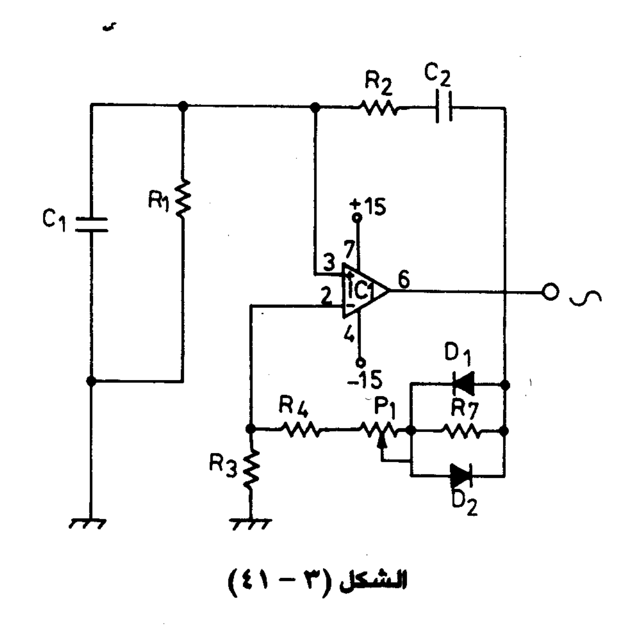
الشكل (٣ – ٤٠)

حيث إن :

جهد الدخل	V_{IN}
خرج المكبر A_1	V_{O1}
خرج المكبر A_2	V_{O2}

الدائرة رقم (٣٢) مولد الموجات الجيبية

الشكل (٣ – ٤١) يعرض دائرة مذبذب قنطرة وين Wien يعطى موجات جيبية ترددها 1KHZ .



الشكل (٣ – ٤١)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 10 KΩ	A1 , A2 , A3
مقاومة كربونية 15KΩ	R4
مقاومة كربونية 1.5KΩ	R7
مقاومة متغيرة 4.7KΩ	P1
مكثف بوليستير 15nF	C1 , C2
موحد سليكونى طراز 1N4148	D1 , D2
دائرة متكاملة طراز 741	IC1

نظرية التشغيل:

هذه الدائرة تعطى جهد خرج مقداره I0V من القمة العلوية للقمة السفلية بتشويه لا يزيدعن 0.2%، وتستخدم المقاومة المتغيرة P1 لضبط قيمة الخرج وتكون قيمة التردد مساوياً:

$$F = \frac{1}{2\pi \sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}} \quad (HZ)$$

والذى يساوى فى هذه الحالة 1KHZ . ويستخدم D_1, D_2 بدلاً من استخدام مقاومة لها معامل حرارى سالب، وذلك لأن الموحدات السليكونية لها معامل حرارى سالب .

ودائرة تثبت جهد الخرج تتألف من العناصر التالية R_4, R_7 , D_1, D_2, P_1, R_3 ويمكن زيادة قيمة جهد الخرج بزيادة قيمة المقاومة R_7، ويتم ضبط المقاومة P_1 حتى تعمل الدائرة وتخرج النبضات الجيبية .

ولمعرفة المزيدعن هذه الدائرة يمكن العودة للفقرة (١ / ١٠ / ١) .

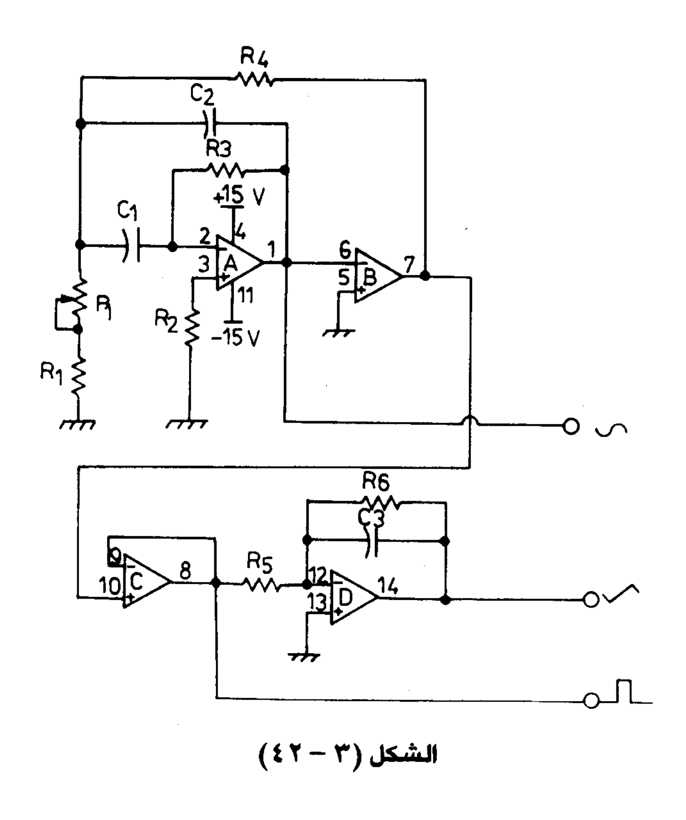
الدائرة رقم (٣٣) مولد الدوال

يمكن بناء الدوال ذات المخارج الثلاثة : موجة جيبية، وموجة مربعة، وموجة مثلثة وذلك باستخدام أربعة مكبرات عمليات لبناء دائرة تمرير حزمة ترددات فعال لتوليد موجة جيبية ودائرة مقارن لتحويل خرج الموجات الجيبية إلى موجة مربعة ودائرة كسب وحدة من أجل منع تحميل المذبذب الأساسى (دائرة تمرير حزمة ترددات فعال)، ودائرة مكامل لتحويل خرج الموجة المربعة إلى موجة مثلثة .

والشكل (٣ - ٤٢) يعرض دائرة مولد الدوال .

عناصر الدائرة :

مقا ومة كربونية	100Ω	R_1
مقا ومة كربونية	50KΩ	R_2
مقا ومة كربونية	1MΩ	R_3, R_4
مقا ومة كربونية	100KΩ	R_5
مقا ومة كربونية	470KΩ	R_6
مقا ومة متغيرة	50KΩ	P_1
مكثف كيميائى	0.1µF / 16V	C_1, C_2
مكثف كيميائى	1µF / 16V	C_3
مكبر عمليات طراز	LM324N	A : D



الشكل (٣ – ٤٢)

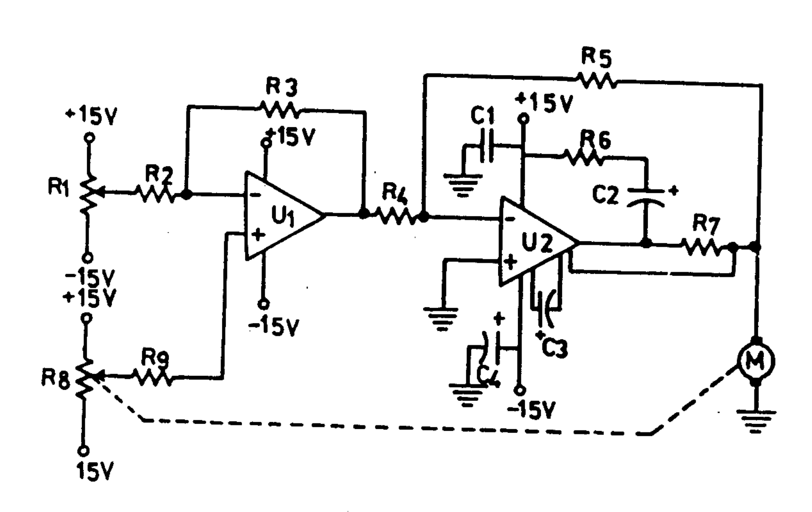
فكرة عن الدائرة:

يتراوح تردد الخرج ما بين 150HZ : 7.5 ويمكن تعديل التردد بواسطة المقاومة المتغيرة P_1. وتكون قيمة جهد الموجة المربعة من القمة العلوية للقمة السفلية (26Vp - p). وتكون قيمة جهد الموجة المثلثة من القمة العلوية للقمة السفلية (0.3:6Vp - p) وتعتمد على قيمة تردد الخرج. وتكون قيمة جهد الموجة الجيبية من القمة الموجبة للقمة السالبة 6Vp - p.

ويمكن زيادة التردد وذلك بتقليل قيم المكثفات C_1 , C_2.

الدائرة رقم (٣٤) دائرة التحكم فى سرعة محرك مؤازر مستمر

الشكل (٣ – ٤٣) يعرض دائرة تحكم فى سرعة محرك مؤازر (size8, size9) ويعمل عند جهد 12 V.



الشكل (٣ - ٤٣)

عناصر الدائرة:

مقاومة كربونية 10K Ω	R_1, R_2, R_3, R_9
مقاومة كربونية 5K Ω	R_4
مقاومة كربونية 50K Ω	R_5
مقاومة كربونية 3.9 Ω	R_6
مقاومة كربونية 0.7 Ω	R_7
مجزئ جهد دوار 10K Ω	R_8
مكثف كيميائى 10µF / 16V	C_1, C_4
مكثف كيميائى 3.3nF / 16 V	C_2
مكثف كيميائى 5PF / 16V	C_3
مكبر عمليات طراز µA 741	U_1
مكبر عمليات طراز µA 791	U_2
محرك مؤازر (size 8, isze 9)	M

نظرية عمل الدائرة :

يمكن ضبط الموضع الذى يقف عليه المحرك المؤازر بواسطة ضبط المقاومة المتغيرة R_1، ويمثل جهد الدخل للمدخل العاكس للمكبر U_1 بجهد الأساس المقابل للوضع المطلوب Vw، ويمثل جهد الدخل للمدخل غير العاكس للمكبر U_2 بجهد التغذية المرتدة والذى يمثل الوضع الفعلى للمحرك المؤازر والذى نحصل عليه بواسطة مجزئ الجهد الدوار R_8، المثبت على عمود الإدارة للمحرك المؤازر Vx وخرج الفارق U_1 يمثل جهد الخطأ Ve والذى يساوى :

$$- Ve = Vw - Vx$$

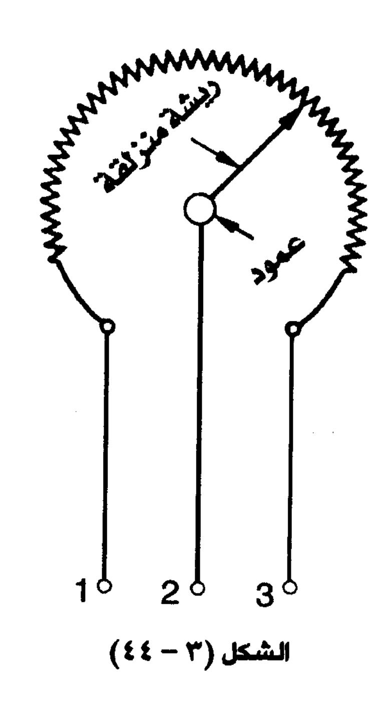
ويعمل المكبر U_2 كمكبر عاكس يكون خرجه Vo_2 مساوياً :

$$Vo_2 = \frac{-R_5}{R_4} Vo_1$$

$$Vo_2 = + 10 \, Ve$$

فإذا كان هذا الجهد موجباً فإن المحرك المؤازر سيدور جهة عقارب الساعة إلى أن يصبح جهد التغذية المرتدة Vx مساوياً لجهد الأساس Vw، فى هذه الحالة يصبح جهد خرج المكبر الأول U_1 مساوياً صفراً، وبالتالى يصبح جهد خرج المكبر U_2 مساوياً $0V$ فيتوقف المحرك المؤازر. وعندما يكون جهد خرج المكبر U_2 سالباً، فإن المحرك المؤازر يدور فى عكس عقارب الساعة حتى يصبح جهد التغذية المرتدة Vx مساوياً لجهد الأساس Vw فيتكرر ما سبق فى الحالة السابقة.

والجدير بالذكر أنه يمكن الاستفادة بهذه الدائرة فى عمل وحدة توجيه هوائى تليفزيون. والشكل (٣ – ٤٤) يعرض رمز مجزئ الجهد الدوار فعند دوران عمود مجزئ الجهد الدوار فى إتجاه عقارب الساعة تتحرك الريشة المنزلقة بحيث تزداد المقاومة بين 2 و 1، فى حين أنه عند دوران عمود مجزئ الجهد الدوار فى عكس اتجاه عقارب الساعة تتحرك الريشة المنزلقة بحيث تقل المقاومة بين 2 و 1، وعند توصيل جهد مستمر مع النقاط 3 و 1 نحصل على مجزئ جهد دوار خرجه يتناسب طردياً مع الإزاحة الزاوية.

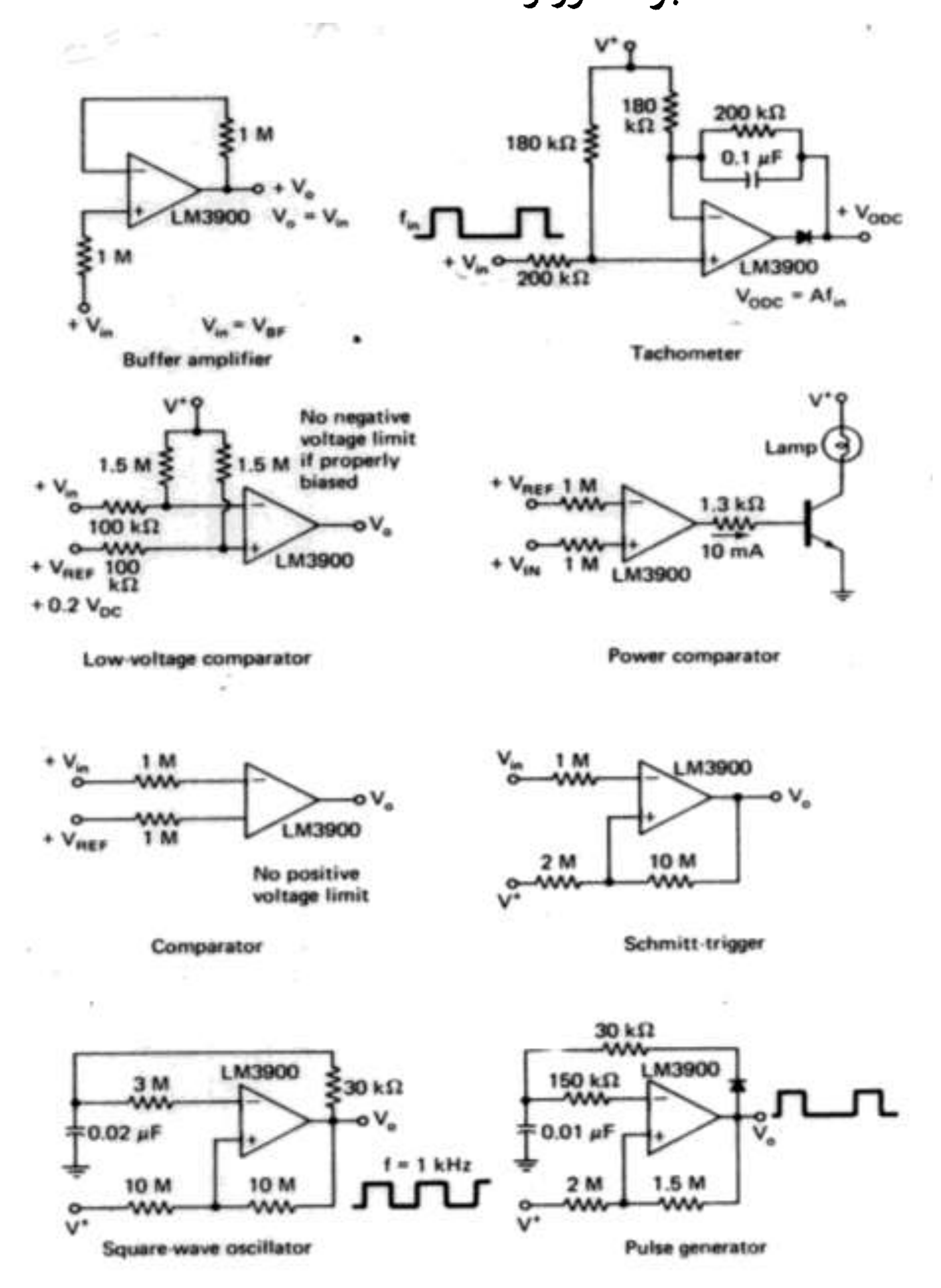


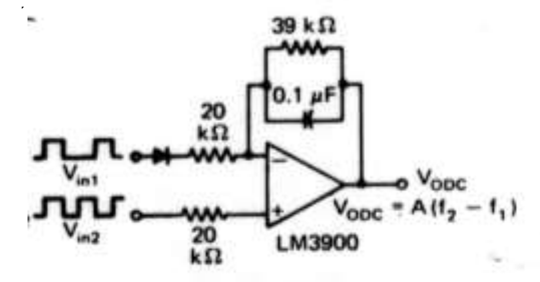
الشكل (٣ - ٤٤)

الملاحـــق

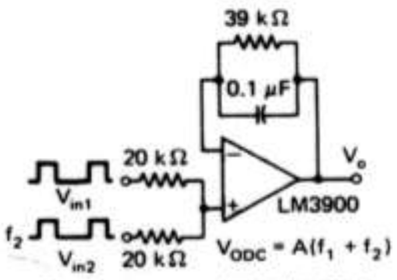
ملحق ١ – تطبيقات إضافية على استخدام

مكبرات نورتون LM2900/LM3900

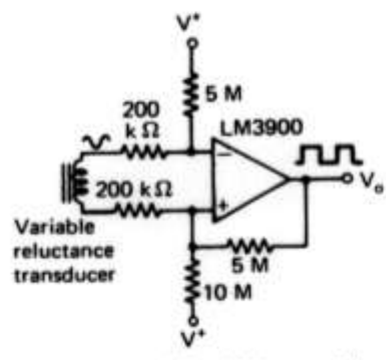




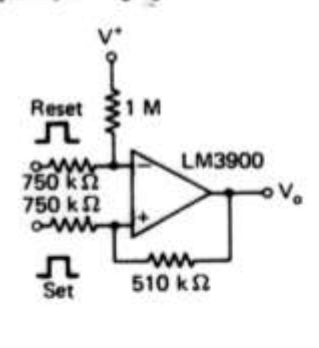
Frequency differencing tachometer



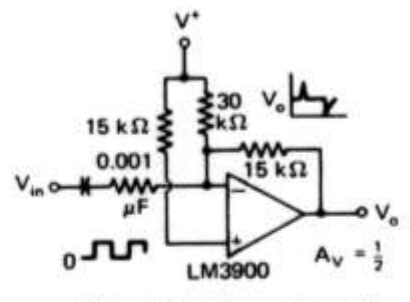
Frequency averaging tachometer



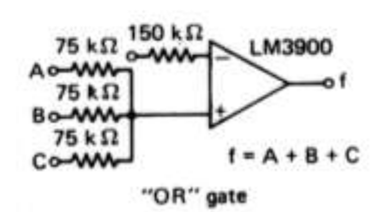
Squaring amplifier (W/hysteresis)



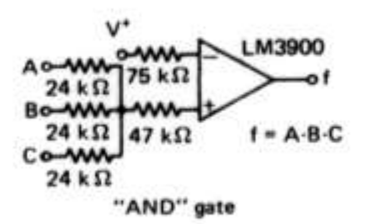
Bi-stable multivibrator



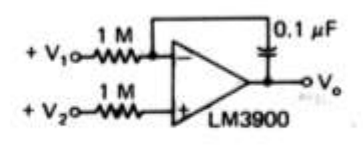
Differentiator (common-mode biasing keeps input at + V_{BE})



"OR" gate



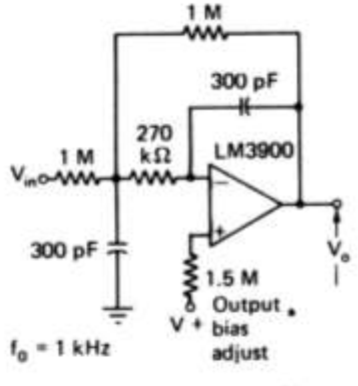
"AND" gate



Difference integrator

"AND" gate

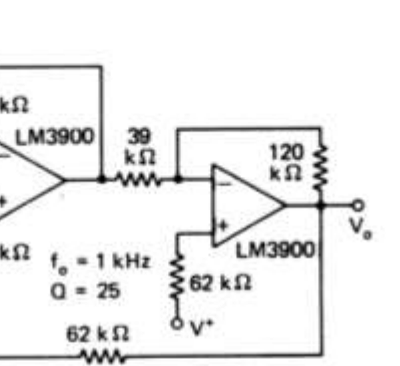
Difference integrator



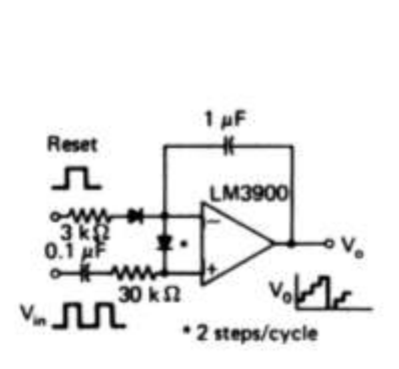
Low-pass active filter

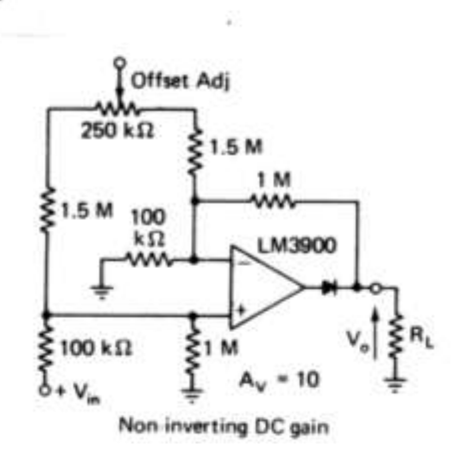
• Speeds recovery

One-shot multivibrator



Bandpass active filter



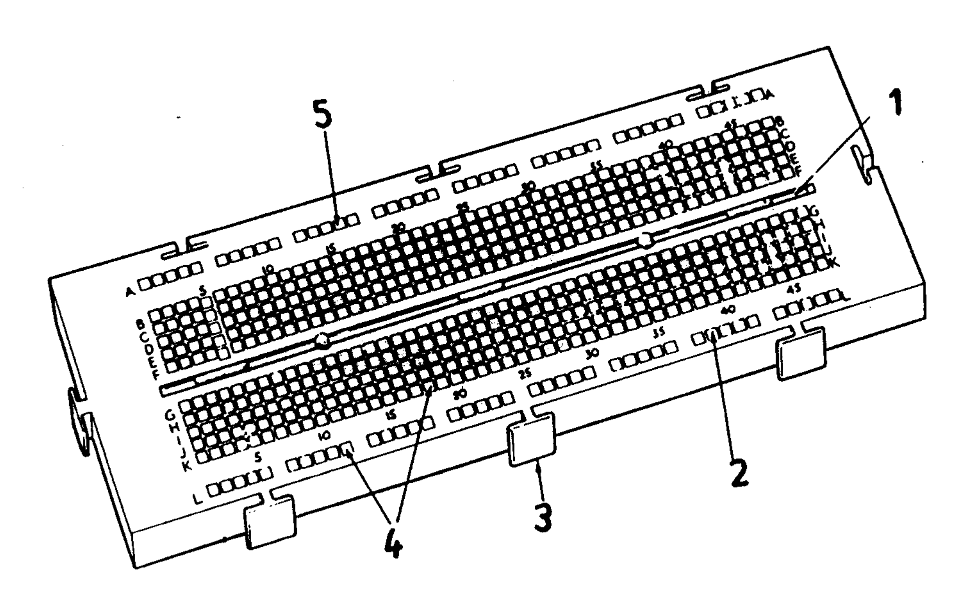


Non inverting DC gain

ملحق ٢ - طرق تنفيذ مشاريع الكتاب

١ - باستخدام لوحة التجارب Bread Board

لوحة التجارب هى لوحة تستخدم فى تنفيذ مشاريع هذا الكتاب بدون لحام ويمكن بسهولة تبديل عنصر مكان عنصر. والشكل التالى يبين أحد نماذج لوحات التجارب.



لوحة التجارب المستخدمة في تنفيذ مشاريع الكتاب

حيث إن:

القناة المركزية	1
الصف السالب	2
أذنيه	3
مقابس	4
الصف الموجب	5

وتحتوى هذه اللوحة على 12 صفًا والصف العلوى يتكون من 40 قابسًا متصلة فيما بينها، وكذلك فإن الصف السفلى يتكون من 40 قابسًا متصلة فيما بينها. ويخصص الصف العلوى عادة للجهد الموجب للدائرة. أما الصف السفلى فيخصص للجهد السالب أو الأرضى.

والجدير بالذكر أن باقى الصفوف العشرة تحتوى على 50 قابسًا، وتتصل مقابس كل عمود أعلى القناة المركزية 1، وكذلك تتصل مقابس كل عمود أسفل القناة المركزية. فمثلاً تتصل المقابس F10, E10, D10, C10 B10 معاً وأيضاً تتصل المقابس G12, H12, I12, J12, K12 معًا وهكذا.

حيث إن F10 تعنى القابس الموجود فى الصف F والعمود رقم 10.

وتزود هذه اللوحة بمجموعة من الأذنيات والشقوق، فيوجد ثلاثة أذنيات على امتداد الجانب السفلى وثلاثة شقوق على امتداد الجانب العلوى. وكذلك يوجد أذنية واحدة فى الجهة اليسرى، وشقًا واحد فى الجهة اليمنى. ويستفاد من الأذنيات والشقوق فى إمكانية تجميع أكثر من لوحة تجارب معًا لعمل لوحة تجارب كبيرة للدوائر الالكترونية الكبيرة.

فيمكن تجميع مجموعة من لوحات التجارب، إما بالعرض أو بالطول حيث تدخل أذنيات لوحة التجارب فى شقوق اللوحة الأخرى وهكذا.

والجدير بالذكر أن لوحات التجارب لا يمكن الاعتماد عليها بشكل نهائى فهى تستخدم للتجارب فقط كما هو واضح من إسمها، حيث تستخدم فى اختبار أى دائرة قبل الشروع فى تنفيذ هذه الدائرة على اللوحات المطبوعة.

٢ - اللوحات المثقبة

تستخدم اللوحات المثقبة فى تنفيذ المشاريع الالكترونية، وذلك لمن لم يتوفر لديهم الخبرات اللازمة لتنفيذ المشاريع الالكترونية على اللوحات المطبوعة (PCB). وتصنع هذه اللوحات من الفيبر جلاس أو البكاليت ويثبت عليها نقاط توصيل نحاسية مثقبة على مسافات متساوية تساوى 0.1 بوصة. وبهذه الطريقة يمكن الحصول على اختيارات متعددة لأماكن العناصر الالكترونية مما يسهل عملية

التوصيل فيما بينها . ويتم تثبيت العناصر الالكترونية من الوجه العلوى للوحة المثقبة فى حين يتم عمل التوصيلات اللازمة بين العناصر الالكترونية باستخدام أسلاك نحاسية معزولة أو عارية مساحتها $0.5mm^2$ من الوجه الخلفى .

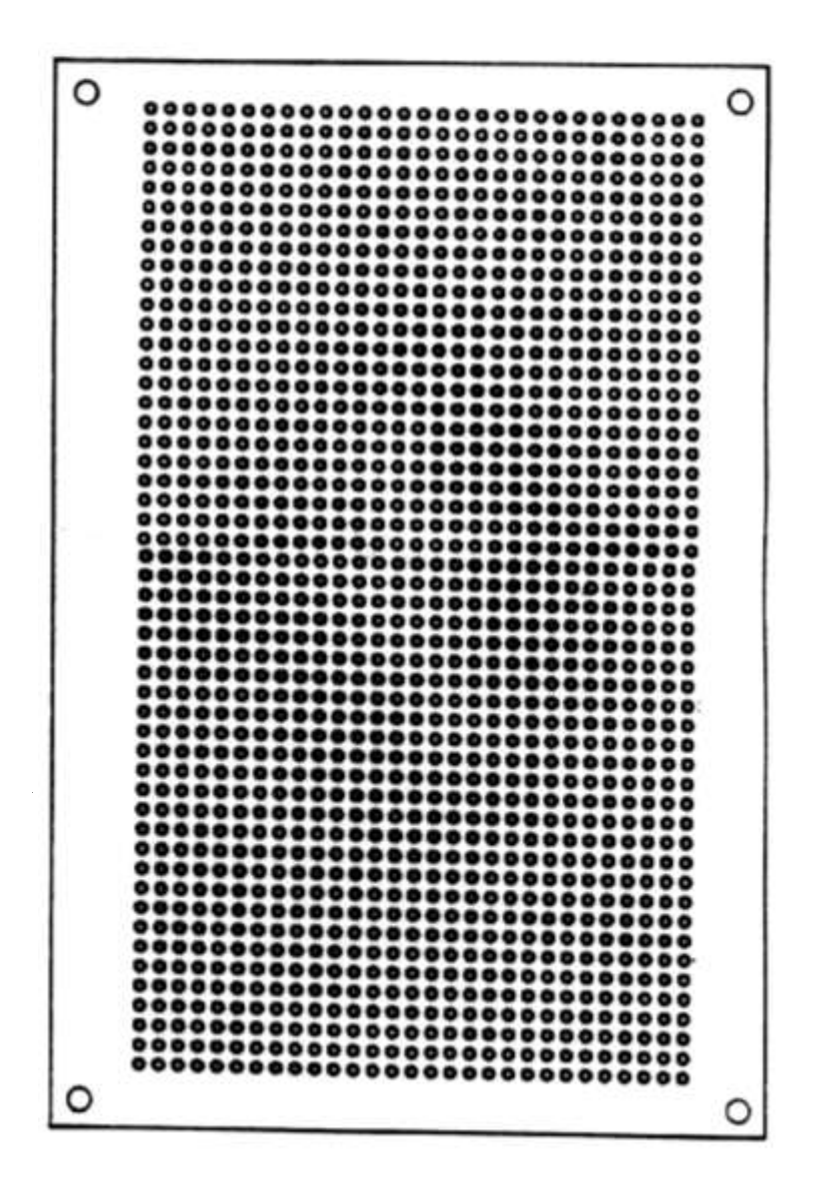
والجدير بالذكر أنه يمكن فك العناصر بعد تنفيذ المشروع وذلك لاستخدام اللوحة المثقبة فى مشروع آخر وهذاما لا يتحقق عند استخدام اللوحات المطبوعة .

ويعاب على اللوحات المثقبة انفصال نقاط النحاس إذا تعرضت لدرجات حرارة عالية؛ لذلك يفضل استخدام كاويات لحام من النوع الذى يمكن التحكم فى درجة حرارته والمبين بالشكل التالى .



كاوية لحام يمكن ضبط درجة حرارتها

والشكل التالى يعرض نموذج للوحة مثقبة .



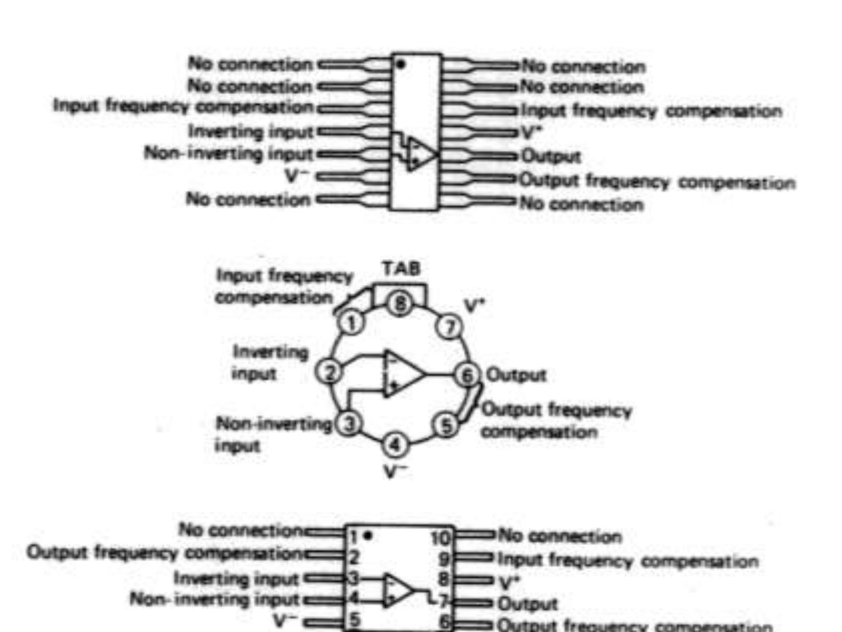
ملحق ٣ - أوضاع أرجل الترانزستورات
المستخدمة فى مشاريع الكتاب

AC175 AC117 B E C	AC127 BC107 2N2222 AC127 BC108 2N3053 BC141 BC161 B E C	2N6107 BDX34 B E C
BC517 B E C	2N3054 B C E	BC148 B E C

ملحق ٤ - المواصفات الفنية لمكبر العمليات 709

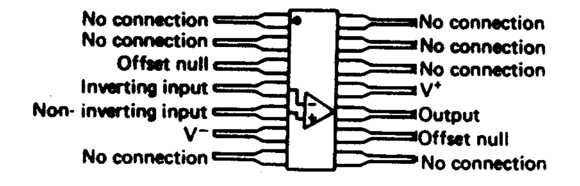
SPECIFICATIONS OF THE 709 OP AMP

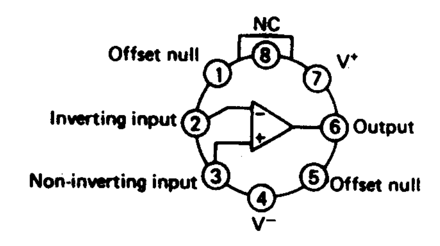
	Parameter	Minimum	Typical	Maximum
A_{VOL}	Open loop voltage gain	15,000	45,000	
V_{io}	Input offset voltage		1 mV	7.5 mV
I_B	Input bias current		200 nA	1500 nA
I_{io}	Input offset current		50 nA	500 nA
R_o	Output resistance		150 Ω	
CMR (dB)	Common mode rejection	65 dB	90 dB	
R_i	Input resistance	50 kΩ	250 kΩ	

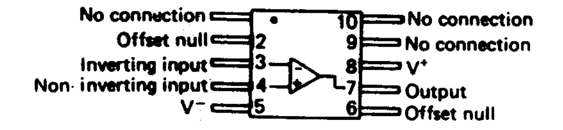


ملحق ٥ – المواصفات الفنية لمكبر العمليات 741

	Parameters	Minimum	Typical	Maximum
A_{VOL}	Open loop voltage gain	50,000	200,000	
V_{io}	Input offset voltage		1 mV	6 mV
I_B	Input bias current		80 nA	500 nA
I_{io}	Input offset current		20 nA	200 nA
R_o	Output resistance		75 Ω	
CMR (dB)	Common mode rejection	70 dB	90 dB	
R_i	Input resistance	300 kΩ	2 MΩ	







ملحق ٦ - أشكال الدوائر المتكاملة لمكبرات العمليات

- جدول تحديد أرقام أشكال مكبرات العمليات

سلسلة CA/LM

أرقام الأشكال	النوع	أرقام الأشكال	النوع	أرقام الأشكال	النوع
21	CA3240	20/21	CA1558	14/15	CA080
20/21	CA3260	21	CA2904	321	CA081
20/21	CA3290	21	CA3000	21/20	CA082
127	CA3401	21	CA3001	12	CA083
172/173	CA3420	21	CA3004	35	CA084
172/173	CA3440	21	CA3005	15/14	CA101
225/226	CA3493	21	CA3006	45/48	CA107
125	CA6078	21	CA3007	22	CA108
7	CA6741	122	CA3008	151/169	CA111
304	LM10	121	CA3010	35	CA124
36/39/38	LM11	121	CA3015	61	CA139
13/16/14/15	LM101	122	CA3016	20/21	CA158
42	LM102	122	CA3029	14/15	CA201
33/186	LM106	122	CA3030	45/48	CA207
45/46/48	LM107	50	CA3031	22	CA208
22/43/44/170	LM108	50	CA3032	151/169	CA211
40/41/42	LM110	123	CA3033	35	CA224
53/151/152/169	LM111	122	CA3037	61	CA239
37/38/39	LM112	122	CA3038	20/21	CA258
55/56/73/166	LM118	123	CA3047	15/14	CA301

النوع	أرقام الأشكال	النوع	أرقام الأشكال	النوع	أرقام الأشكال
CA307	45/48	CA3060	124	LM119	57/58/59
CA308	22/170	CA3078	125	LM121	188/189/190
CA311	151/169	CA3080	126/171	LM124	35
CA339	61	CA3094	323	LM139	61
CA358	20/21	CA3100	14/15	LM143	8/10/18/212
CA580	1	CA3105	305	LM144	13/14/16
CA741	7/9	CA3130	172/74	LM146	191/192
CA747	11/12	CA3140	172/173	LM148	35
CA748	14/15	CA3160	172/74	LM149	35
CA1458	20/21	CA3193	7/9	LM158	20/21/207

– جدول تحديد أرقام أشكال مكبرات العمليات

سلسلة LM/NE

النوع	أرقام الأشكال	النوع	أرقام الأشكال	النوع	أرقام الأشكال
LM160	193/194	LM308	22/43/44/170	LM1900	127
LM161	196/197	LM310	40/41/42/187	LM2900	127
LM192	20/21	LM311	53/151/152/169	LM2901	61
LM193	20/21	LM312	37/38/39	LM2902	35
LM201	13/14/15/16	LM316	39	LM2903	20/21
LM202	42	LM318	166/56/73	LM2904	20/21/207
LM206	32/33/186	LM319	57/58/59	LM2908	35
LM207	45/46/48/49	LM321	188/189/190	LM3301	127
LM208	22/43/44/44/70	LM324	124	LM3302	61
LM210	40/41/42	LM329	61	LM3401	127
LM211	53/151/152/169	LM343	18/212	LM3900	127
LM212	37/38/39	LM346	191/192	LM4250	62/63/198
LM216	39	LM348	35	LM13080	199
LM218	55/56/73/166	LM349	35	LM24250	64
LM219	57/58/59	LM358	20/21/207	NE521	306
LM221	188/189/190	LM360	193/194/195	NE522	306
LM224	124	LM361	196/197	NE527	307/308
LM239	61	LM392	20/21	NE529	307/308
LM246	191/192	LM393	20/21	NE530	7/9
LM248	35	LM709	1/3/4	NE531	18/212
LM249	35	LM710	23/24	NE532	20/21
LM258	20/21/207	LM711	100/101	NE535	7/9

أرقام الأشكال	النوع	أرقام الأشكال	النوع	أرقام الأشكال	النوع
7/9	NE538	36/39/165	LM725	193/194	LM260
21	NE5512	7/8/9/10	LM741	196/197	LM261
35	NE5514	11/12	LM747	20/21	LM292
20/21	NE5530	14/15	LM748	20/21	LM293
20/21	NE5532	31	LM1414	13/14/15	LM301
310	NE5533	20/21	LM1458	42	LM302
311	NE5534	31	LM1514	32/33/186	LM306
20/21	NE5535	20/21	LM1558	45/46/48	LM307

– جدول تحديد أرقام أشكال مكبرات العمليات

سلسلة µA/ICL/LF

النوع	أرقام الأشكال	النوع	أرقام الأشكال	النوع	أرقام الأشكال
µA101	13/14	µA749	97/238	ICL8008	7
µA102	42	µA760	193/194	ICL8021	18
µA107	48	µA775	61	ICL8022	184
µA108	22/43	µA776	62/63/215	-	-
µA110	42	µA777	13/14/15/16	LF111	53/151/152
µA111	53/151/169	µA791	239/240	LF147	35
µA155	7	µA798	20/21	LF155	7/9
µA157	7	µA799	7/9	LF156	7/9
µA201	13/14	µA1458	20/21	LF157	7/9
µA207	48	µA1558	20	LF211	53/151/152
µA208	22/43	µA3301	127	LF255	7/9
µA301	13/14	µA3302	61	LF256	7/9
µA302	42	µA3303	35	LF257	7/9
µA307	45/48	µA3401	127	LF311	53/151/152
µA308	22	µA3403	35	LF347	35
µA310	42	µA4136	211	LF351	7/9
µA311	151/169	ICL741	7	LF353	20/21
µA702	50/52/107	ICL748	14	LF354	12
µA709	1/2/3/4	ICL7611	332	LF355	7/9
µA710	23/24/26	ICL7612	332	LF356	7/9
µA711	100/101/102	ICL7613	332	LF357	7/9
µA725	39	ICL7614	212/18	LF400	18

أرقام الأشكال	النوع	أرقام الأشكال	النوع	أرقام الأشكال	النوع
7/9/20/21	LF411	7/9	ICL761[illegible]	234	µA727
20/21	LF412	18/212	ICL7621	235	µA730
7/9	LF441	12	ICL762[illegible]	236/237	µA734
20/21	LF442	35	ICL7641	97	µA739
35	LF444	35	ICL7642	7	µA740
20/21	LF2155	320	ICL7650	8/9/10/7	µA741
20/21	LF2156	319	ICL7652	11/12	µA747
20/21	LF2157	183	ICL8001	13/14/15	µA748

- جدول تحديد أرقام أشكال مكبرات العمليات

سلسلة LF/LF/SN

النوع	أرقام الأشكال	النوع	أرقام الأشكال	النوع	أرقام الأشكال
LF2255	20/21	LH2111	150	SN52777	13/14/15
LF2256	20/21	LH2201	147	SN52810	23/24/27
LF2257	20/21	LH2208	148	SN52811	100
LF2355	20/21	LH2210	149	SN 52820	25
LF2356	20/21	LH2211	150	SN62088	181
LF2357	20/21	LH2301	147	SN72301	13/14/15
LF13741	7/9	LH2308	148	SN72306	32/33
LH0001	129/130/131/132	LH2310	149	SN72307	45/46/48
LH0002	133/134	LH2311	150	SN72308	22/43/44
LH0003	135	LH24250	64	SN72310	41/42/187
LH0004	60	SN52101	13/14/15	SN72311	53/151/152/169
LH0005	136	SN52106	32/33/186	SN72506	245
LH0020	137	SN52107	45/46/48	SN72510	28/29/30
LH0021	138	SN52108	22/43/44	SN72514	31
LH0022	141/143/7	SN52110	41/42/187	SN72558	20/21
LH0024	142	SN52111	53/152/165	SN72702	50/51/52
LH0032	65	SN52506	245	SN77209	1/2/3/4
LH0041	139/140	SN52510	28/29/30	SN72710	23/24/26/27
LH0042	141/143/7	SN52514	31	SN72711	100/101/102
LH0044	22	SN52558	20/21	SN72720	25
LH0052	7/141	SN52702	50/51/52	SN72741	7/8
LH0062	145/146	SN52709	1/2/3/4	SN72747	12

النوع	أرقام الأشكال	النوع	أرقام الأشكال	النوع	أرقام الأشكال
LH0101	46/48/49	SN52710	23/24/26/27	SN72748	13/14/15
LH0201	46/48	SN52711	100/101/102	SN72770	14/15/34
LH0740	7	SN52741	7/8/9	SN72771	7/8/9
LH2011	148	SN52747	12	SN72777	13/14/15/16
LH2101	147	SN52748	13/14/15	SN72810	23/24/27
LH2108	148	SN52770	14/15/34	SN72811	100/101
LH2110	149	SN52771	7/8/9	SN72820	25

التعريف بالرموز المستخدمة فى أشكال مكبرات العمليات :

مدخل إزالة الحيود فى جهد الخرج	Bal
مدخل تحديد حدود جهد الخرج	Ber
مدخل تحديد تيار انحياز الدخل	Bias
مداخل المكثفات الخارجية	Cext, Cret
مدخل تعويض التردد	Comp
مدخل موحد القص	DCL
مدخل عام	E
مداخل مكبرات العمليات ذات القناتين	E_1, E_2
المدخل غير العاكس	+E
المدخل العاكس	-E
مدخل تحديد كسب الجهد	gain
مدخل معايرة جهد الضوضاء	Noise
الخرج بصفة عامة	Q
مخارج مكبر عمليات بقناتين	Q_1, Q_2
خرج ذو معاوقة عالية	Qhiz
خرج ذو معاوقه صغيرة	Qloz
مخرج غير معكوس	+Q
مخرج معكوس	-Q
مخرج جهد المرجع	Ref
مدخل تحكم يأخذ عينات ويحتفظ بها	Samp/hld
وصلة مقاومة دائرة القصر	SC

وصلة الإحساس بالتيار	Sense
مدخل السماح/ المنع	Strobe
مدخل اختيار درجة الحرارة	Temp - Set
جهد المصدر الموجب	V+
جهد المصدر السالب	V-
جهد تغذية عنصر التسخين	V+Temp

مثـال :

مكبر العمليات CA1458 أرقام أشكالها هى 21 ,20 أى الشكل P_{21}, P_{20} .

أشكال مكبرات العمليات

P1	P2	P3
P4	P7	P8
P9	P10	P11
P12	P13	P14

تابع أشكال مكبرات العمليات

P15	P16	P18
P20	P21	P22
P23	P24	P26
P31	P32	

تابع أشكال مكبرات العمليات

P35	P36	P37
P38	P39	P40
P41	P42	P43
P44	P45	P46

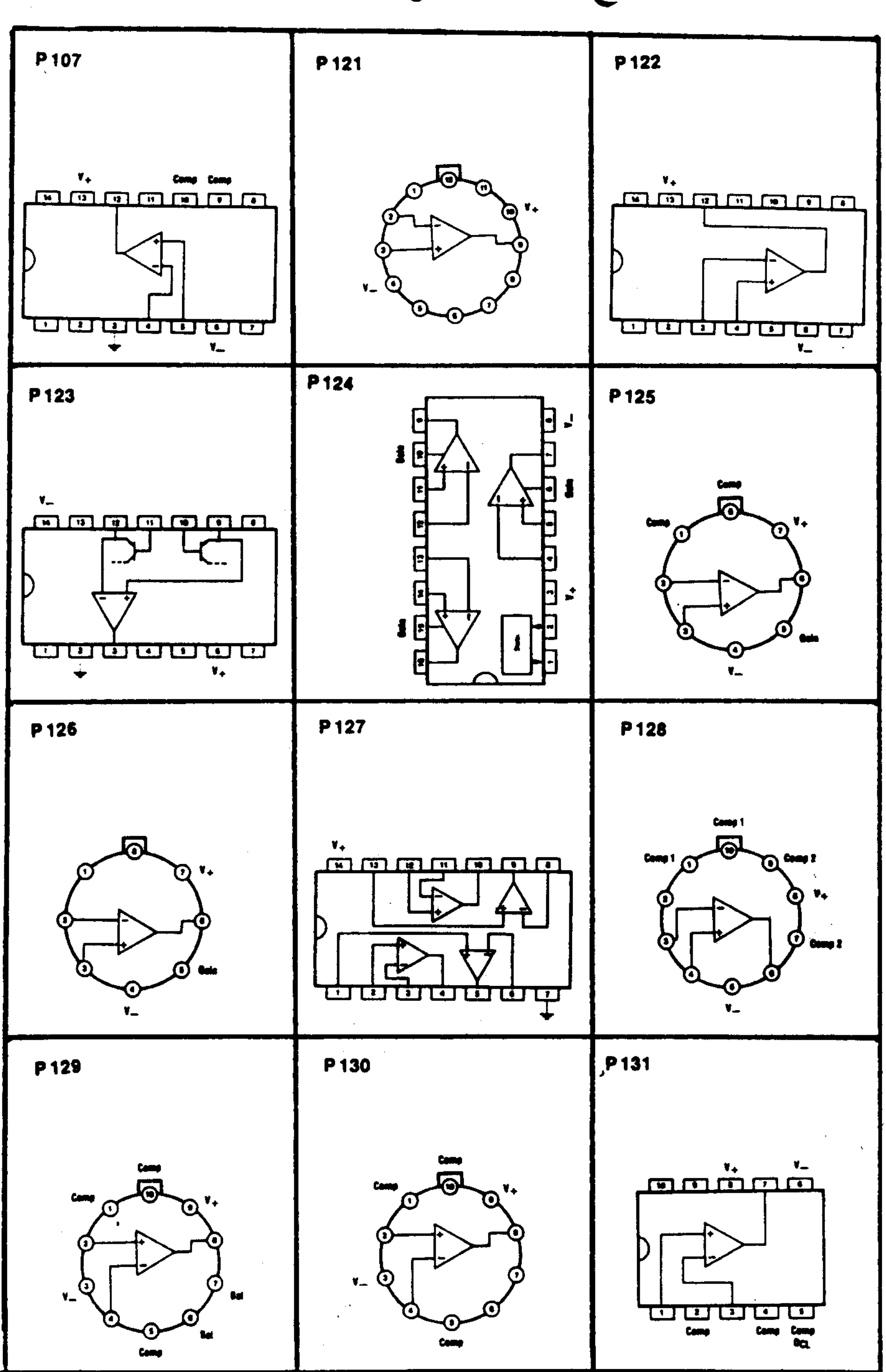
تابع أشكال مكبرات العمليات

P 47	P 48	P 49
P 50	P 52	P 53
P 55	P 56	P 57
P 58	P 59	P 60

تابع أشكال مكبرات العمليات

P 61	P 62	P 63
P 64	P 65	P 73
P 74	P 86	P 97
P 100	P 101	P 102

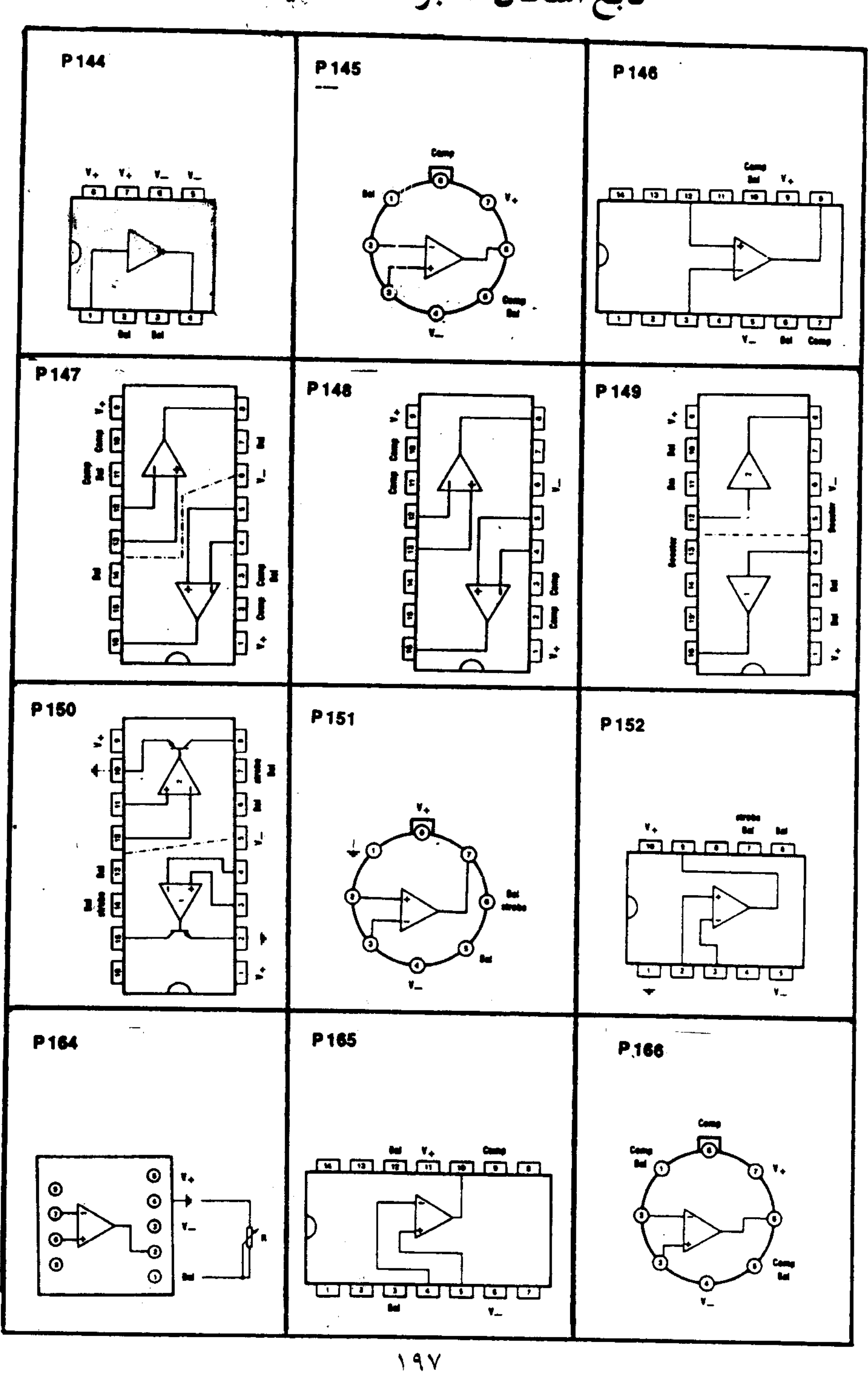
تابع أشكال مكبرات العمليات



تابع أشكال مكبرات العمليات

P 132	P 133	P 134
P 135	P 136	P 137
P 138	P 139	P 140
P 141	P 142	P 143

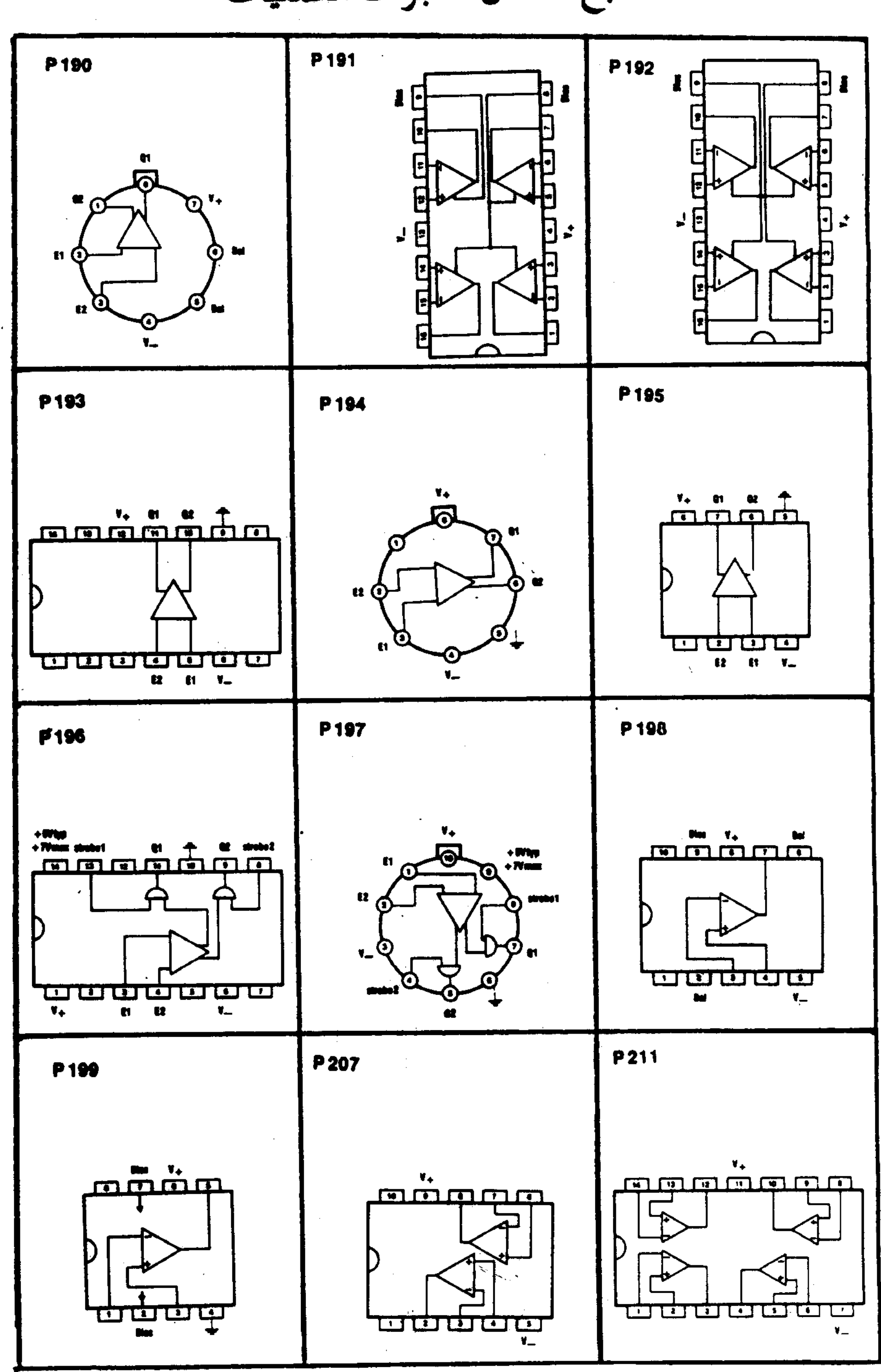
تابع أشكال مكبرات العمليات



تابع أشكال مكبرات العمليات

P 167	P 169	P 170
P 171	P 172	P 173
P 183	P 184	P 186
P 187	P 188	P 189

تابع أشكال مكبرات العمليات



تابع أشكال مكبرات العمليات

P212	P215	P225
P226	P233	P234
P235	P236	P237
P238	P239	P240

تابع أشكال مكبرات العمليات

